

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva

**Zhodnocení požárně bezpečnostních požadavků při
zateplování objektů z minerálně vláknitých
materiálů**

Student: Jarmila Maková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Kučera, PhD.

Studijní obor: Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Datum zadání bakalářské práce: 15. 6. 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 20. 4. 2012

Prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně.“

V Ostravě dne 20. dubna 2012

Jarmila Maková

.....

Anotace

MAKOVÁ, Jarmila. *Zhodnocení požárně bezpečnostních požadavků při zateplování objektů z minerálně vláknitých materiálů*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – TUO, FBI, 2012. 50 s.

Klíčová slova: zateplování staveb, minerálně vláknité izolační materiály, kamenná vlna, požární bezpečnost

Tato bakalářská práce se zabývá požárně bezpečnostními požadavky na zateplování objektů minerálně vláknitými izolacemi a chováním kamenné vlny při požáru. V první části je uvedena problematika zateplování stavebních objektů obecně a také postup zateplování za použití minerálně vláknitých izolačních materiálů. V dalších částech je popsáno chování minerálně vláknitých izolací při požáru, požadavky na zateplování staveb z hlediska požární bezpečnosti a montáž zateplovacího systému s minerálně vláknitými izolacemi. V poslední části je uvedena kontrola provádění zateplení a chyby, které mají vliv na šíření požáru. Bakalářská práce je shrnutím požárně bezpečnostních požadavků na zateplování objektů minerálně vláknitými izolacemi a obsahuje rozbor chování minerálně vláknitých izolací při požáru.

Annotation

MAKOVÁ, Jarmila. *Evaluation of Fire Safety Requirements for Thermal Insulation of Buildings Using Mineral Fibre Materials*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – TUO, FBI, 2012. 50 s.

Key words: thermal insulation of buildings, mineral fibre insulating materials, rock wool, fire safety

This thesis deals with fire safety requirements for thermal insulation of buildings using mineral fibre materials and it describes the behaviour of rock wool during a fire. First part shows the problems of thermal insulation of buildings and of mineral fibre insulating materials. The other parts describe rock wool behaviour during a fire, fire safety requirements for thermal insulation of buildings and the assembly of thermal insulation of buildings using mineral fibre materials. The last part deals with checking the thermal insulation and mistakes that can influence the spread of fire. This thesis is a summary of fire safety requirements for thermal insulation of buildings using mineral fibre materials and it contains an analysis of rock wool behaviour during a fire.

Obsah

Úvod	1
Rešerše	2
1 Zateplování stavebních objektů	4
1.1 Vývoj požadavků na spotřebu energií	4
1.2 Tepelné ztráty budov	7
1.3 Možnosti zateplování	7
1.4 Zateplování vnější strany obvodových stěn	8
1.5 Tepelně izolační materiály	9
1.5.1 Minerálně vláknité izolační materiály	11
1.6 Program Zelená úsporám	14
2 Chování minerálně vláknitých izolačních materiálů při požáru	17
2.1 Vliv kvality kamenné vlny na chování při požáru	17
2.2 Chování kamenné vlny v systému ETICS.....	19
2.3 Chování pásu z kamenné vlny v systému ETICS s pěnovým polystyrenem	20
3 Projektování zateplení staveb z hlediska požární bezpečnosti	25
3.1 Zateplení novostaveb.....	25
3.2 Dodatečné zateplení stávajících objektů	28
3.3 Připravované změny v normě ČSN 73 0810 PBS – Společná ustanovení.....	32
4 Montáž zateplovacího systému	34
4.1 Všeobecné podmínky	34
4.1.1 Klimatické podmínky	34
4.2 Příprava podkladu pro ETICS	35
4.3 Tepelně izolační vrstva.....	35
4.3.1 Zakládací lišty	35
4.3.2 Lepení a kladení izolačních desek.....	36

4.3.3 Kotvení hmoždinkami	37
4.4 Základní vrstva	38
4.5 Konečná povrchová úprava	39
5 Požadavky na zateplení objektů	40
5.1 Kontrola provádění ETICS	40
5.2 Chyby mající vliv na šíření požáru	42
Závěr	46
Seznam použité literatury	48
Seznam obrázků	52
Seznam tabulek	54

Úvod

V posledních letech se zateplování objektů stalo nedílnou součástí našich životů. Každý si uvědomuje, že v rámci snížení nákladů na vytápění je dobré si dům zateplit. Zateplením objektu se nejen snižuje spotřeba energie na vytápění, ale také chrání samotná konstrukce před povětrnostními vlivy. Rovněž se vylepšuje vzhled objektu. Zateplování je velice obsáhlé téma, o kterém je napsáno nepřeberné množství publikací a článků. Nejrozšířenějším způsobem zateplování je kontaktní, často nazýván vnější tepelně izolační kompozitní systém. Tato práce je na tento způsob zateplování zaměřena.

S postupným nárůstem zateplování budov, se tato problematika stále více rozšiřuje a zároveň se vyvíjí a zpřísňují požadavky technických norem. Z pohledu požární bezpečnosti staveb je hlavním problémem zabránění šíření požáru po fasádě objektu. K tomu se využívají minerálně vláknité izolační materiály (kamenné vlny), které mají třídu reakce na oheň A1. O potřebě zabývat se požární bezpečností při projektování zateplení staveb svědčí i fakt, že v posledních letech bylo zaznamenáno několik případů požárů fasád, při kterých dosahovaly škody několika set tisíc až několika milionů korun.

Tato práce by měla představovat stručný přehled informací o možnostech zateplování a používaných tepelně izolačních materiálech. Podrobněji by se pak měla věnovat problematice minerálně vláknitých izolací. Zejména jejich vlastnostmi a použitím v zateplovacích systémech.

Cílem bakalářské práce je popsat a posoudit zajištění požární bezpečnosti objektů při projektování a montáži zateplovacích systémů z minerálně vláknitých izolačních materiálů a provést rozbor chování minerálně vláknitých izolačních materiálů při požáru.

Rešerše

Informační zdroje této práce lze rozdělit do tří oblastí. První, velice obsáhlá oblast se týká zateplování staveb ze stavebního hlediska. Druhá oblast zahrnuje zdroje o zateplování staveb z hlediska požární bezpečnosti staveb. A třetí oblast se zabývá problematikou zkoušek reakce na oheň pro fasády.

O zateplování staveb ze stavebního hlediska je dostupné velké množství knih a odborných článků od těch starších až po nové s aktuálními údaji a odkazy na platné předpisy. Zateplováním z hlediska požární bezpečnosti staveb se tyto publikace zabývají jen velmi okrajově.

Informace o zateplování staveb z hlediska požární bezpečnosti staveb jsou uvedeny ve vyhlášce č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění pozdějších předpisů [5], v kodexu norem požární bezpečnosti staveb a v odborných člancích. Zdroje informací o zkouškách reakce na oheň pro fasády jsou špatně dostupné. Na internetu jsou články o některých zkouškách a ukázkách, ale ty nejsou moc podrobné. Informace o průběhu zkoušky a o chování minerální vlny při požáru jsou obsaženy v protokolech o zkouškách a v interních dokumentech firem, které vyrábějí tepelně izolační materiály. Firmy tyto údaje nezveřejňují.

ŠÁLA, J.; MACHATKA, M. *Zateplování v praxi*. 1. vyd., Praha : Grada Publishing a.s., 2002. 108 s. ISBN 80-247-0224-X.

Autoři této publikace nejprve věnují rozdílům mezi vnitřním a vnějším zateplením a poté výběrem, přípravou a prováděním vnějších kontaktních zateplovacích systémů.

LINHART, Ladislav. *Zateplování budov*. 1. vyd., Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.

V této publikaci autor uvádí především zásady provádění vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému, doplněné o chyby, ke kterým dochází při neodborné realizaci. Text je doplněn autorovými postřehy z dlouholeté praxe v tomto oboru.

ČSN 73 2901. *Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS)*. Praha : Český normalizační institut, duben 2005. 20 s.

Tato norma se zabývá prováděním vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS) s tepelnou izolací z pěnového polystyrenu nebo z minerální vlny a s konečnou povrchovou úpravou omítkou a bez provětrávané mezery.

ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, duben 2009. 44 s.

V této normě se nacházejí požadavky na konstrukce dodatečných vnějších tepelných izolací stávajících objektů a požadavky na vnější tepelné izolace nových objektů.

ČSN ISO 13785-1. *Zkoušky reakce na oheň pro fasády – Část 1: Zkouška středního rozměru*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, únor 2010. 16 s.

Norma obsahuje zkoušku, kterou se posuzuje vystavení fasády plamenům. Hodnotí se při ní šíření plamene a mechanické chování zkušebního tělesa. Tato norma má národní přílohu za účelem vysvětlení vazby na ustanovení návrhových norem pro požární bezpečnost staveb.

1 Zateplování stavebních objektů

Zateplení je jeden ze způsobů jak snížit spotřebu tepla na vytápění objektu a tím náklady na provoz objektu. První zateplení domu bylo provedeno v Berlíně v roce 1957 [4] a to kontaktním zateplovacím systémem. V té době jistě nikdo nepředpokládal, že zateplovací systém bude jednou běžně používanou stavební technologií.

1.1 Vývoj požadavků na spotřebu energií

Zateplováním objektů se snažíme především snížit spotřebu energie na vytápění. Požadavky na spotřebu energií [3] se na našem území vyvíjejí již od konce 70. let 20. století. V Československu se závazné kritériální hodnocení obytných budov z hlediska spotřeby energie poprvé objevilo v tepelně technických a energetických dokumentech pod pojmem „spotřeba energie na vytápění“ v československé státní normě ČSN 73 0540 v roce 1979. Závazné hodnocení bylo vypracováno pouze pro bytové domy a požadovaná maximální hodnota spotřeby energie na vytápění byla stanovena na 9,3 MWh/byt, rok. Tato hodnota byla v platnosti až do roku 1992, kdy došlo k vypracování změny stávající normy a to Změna 4 ČSN 73 0540:1979. Hodnota spotřeby energie na vytápění byla snížena a začala platit i pro rodinné domy. Od roku 1992 nesměly obytné objekty překročit následující hodnoty uvedené v tabulce 1.

Tabulka 1 Hodnoty spotřeby energie platné od roku 1992 [3]

		Max. měrná spotřeba energie na vytápění [MWh/měrný byt 200 m ³ /rok]
Bytový dům	novostavba	7,3
	rekonstrukce	9,3
Rodinný dům	novostavba	9,0 – 10,5
	rekonstrukce	10 – 11,5

K dalším změnám došlo v roce 2000, kdy začala vznikat „energetická legislativa“. Základem energetické legislativy se stal zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Tímto zákonem vznikla povinnost prokázat splnění požadavků hospodárné spotřeby energie pro vlastníky

budov v rámci žádosti o stavební povolení. Prováděcí vyhláškou k tomuto zákonu je vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách. Koncem roku 2002 byla vydána Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES o energetické náročnosti budov, ve které je zahrnuto pod energetickou náročností budovy nejen energie potřebná k vytápění, ale i energie k přípravě teplé vody, chlazení, větrání a osvětlení. Směrnice o energetické náročnosti budov je reakcí na snahu snižovat energetickou náročnost a emise CO₂. Požadavky této směrnice byly do naší energetické legislativy zapracovány v roce 2006 novelou zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a to zákonem č. 177/2006 Sb. Úplné znění zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, jak vyplývá z pozdějších změn je zákon č. 61/2008 Sb. Požadavky jsou stanoveny v prováděcí vyhlášce č. 148/2007 Sb. Splnění požadavků stanovených ve vyhlášce je stanoveno dokládat Průkazem energetické náročnosti budovy (Obr. 1). Vyhláška č. 148/2007 Sb. zavádí 7 tříd energetické náročnosti budovy A – G (mimořádně úsporná až mimořádně nevhodná budova) podle hodnoty vypočtené celkové roční dodané energie (viz tabulka 2). Pro porovnání se stanovuje měrná roční spotřeba energie budovy. Průkaz energetické náročnosti budovy nesmí být starší 10 let a je povinně zpracován při výstavbě nových budov nad 50 m² podlahové plochy, při větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m² a při prodeji nebo nájmu těchto budov. Povinnost zpracovat tento průkaz byla stanovena od 1. 1. 2009.

Tabulka 2 Tabulka slovního vyjádření tříd energetické náročnosti budovy [6]

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nevhodná
G	Mimořádně nevhodná

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha:			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok			XY	XY
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			XY	XY
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu				
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č.		

Obr. 1 Grafické znázornění Průkazu energetické náročnosti budovy [6]

1.2 Tepelné ztráty budov

Tepelné ztráty jsou odvislé od druhu a velikosti objektu, použitých stavebních materiálů, období výstavby a teplotního rozdílu mezi vnějším a vnitřním prostředím. Tepelné ztráty lze vypočítat konkrétně pro každý objekt nebo je lze změřit termokamerou. Největší množství tepla uniká ze stavby okny a dveřmi, dále pak obvodovými stěnami, střechou a podlahou. Pro představu konkrétního podílu tepelných ztrát uvádím tabulku 3:

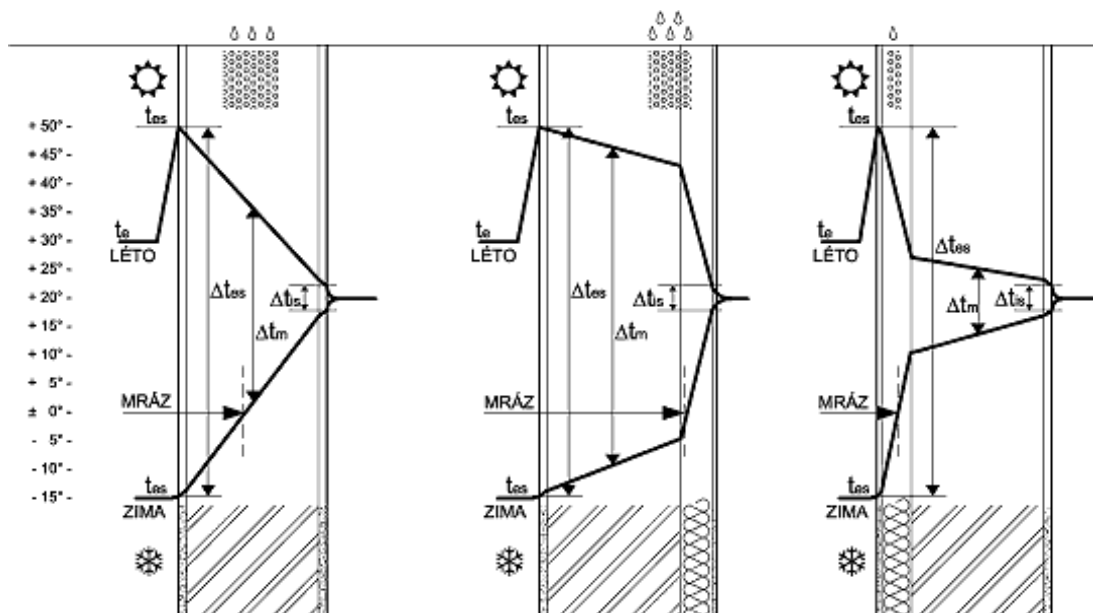
Tabulka 3 Podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi [3]

Druh stavby	Tepelné ztráty [%]			
	Výplněmi otvorů (okna, dveře)	Vnějšími stěnami	Střechou	Podlahou
Vícepodlažní bytový dům	50 % (přibližně 28 % prostupem, 22 % větráním)	35 %	10 %	5 %
Samostatně stojící rodinný dům	45 % (přibližně 25 % prostupem, 20 % větráním)	30 %	15 %	10 %

1.3 Možnosti zateplování

Možnosti zateplování jsou značně rozsáhlé. Především závisí na druhu zateplovaného objektu a stavebních konstrukcích, způsobu provedení zateplování, volbě izolačního materiálu a na mnoha dalších faktorech. V dnešní době se zateplují zejména fasády rodinných a bytových domů. Toto zateplení je patrné již při prvním pohledu. Zateplují se však i jiné části objektu, které pouhým pohledem nejsou tak patrné. Jedná se o zateplení střech, podlah, stropů, příček, atd. Zateplení lze rozdělit i podle toho, zda se provádí přímo při stavbě nového objektu nebo se jedná o dodatečné zateplení již stávajícího objektu. Dále lze rozlišovat vnější a vnitřní zateplování. U zateplování obvodových stěn objektů se upřednostňuje vnější zateplení. Při tomto typu zateplení dochází ke zmenšení rozdílu teplot v průběhu roku v konstrukci obvodové stěny (Obr. 2). V létě se konstrukce méně prohřívá a v zimě zase méně ochlazuje. Nulová teplota se v nejchladnějších zimních dnech nachází ve vrstvě vnějšího zateplení.

Naopak při vnitřním zateplení se zvětšuje rozdíl teplot v průběhu roku v konstrukci a nulová teplota se nachází mezi konstrukcí a vnitřním zateplením (Obr. 2).



Obr. 2 Demonstrace důsledků vnitřního a vnějšího zateplení [28]

1.4 Zateplování vnější strany obvodových stěn

Vnější stranu obvodové stěny lze zateplit kontaktním či bezkontaktním způsobem. Mnohem rozšířenější je kontaktní způsob zateplení, který se také nazývá vnější tepelně izolační kompozitní systém – External Thermal Insulation Composite System (dále jen ETICS).

Vnější tepelně izolační kompozitní systém je sestava součástí. Jednotlivé součásti jsou speciálně vybrány výrobcem systému pro dané určené použití ETICS. Tato sestava musí obsahovat nejméně následující jednoznačně specifikované součásti [9]:

- lepicí hmotu,
- mechanické kotvící prvky,
- tepelně izolační materiál,
- základní vrstvu z jedné nebo více vrstev, kdy nejméně jedna vrstva obsahuje výztuž,
- výztuž,
- konečnou povrchovou úpravu, která může zahrnovat dekorativní vrstvu.

Systém ETICS se dělí podle způsobu připevnění k podkladu na:

- systémy lepené:
 - výlučně lepený systém,
 - lepený systém s doplňkovými hmoždinkami,
- systémy mechanicky připevňované:
 - mechanicky připevňovaný systém s doplňkovou lepicí hmotou,
 - výlučně mechanicky připevňovaný systém (tento způsob připevňování se v České republice neprovádí, proto nebude v této práci dále zmiňován).

Dále lze systém ETICS dělit podle použitého izolačního materiálu. Nejčastěji na systémy z pěnového polystyrenu a z minerální vlny nebo jejich kombinace.

1.5 Tepelně izolační materiály

Hlavním požadavkem na tepelně izolační materiály je hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_D . Jeho hodnota by měla být co nejnižší. Dalšími požadavky na tyto materiály jsou třída reakce na oheň, dlouhodobá a krátkodobá nasákavost, objemová hmotnost, faktor difúzního odporu (prodyšnost), pevnost, akustické vlastnosti atd. Teplené izolace lze rozdělit podle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Dělí se například [14] na materiály pěnové, minerální vláknité a přírodní:

- **pěnové materiály** – pěnový polystyren EPS, pěnový polystyren EPS s přísadou grafitu, extrudovaný polystyren XPS, pěnový polyuretan PUR, polyizokyanurátová pěna PIR, PVC, PE, pěnové sklo a další,
- **minerálně vláknité materiály** – kamenná a skelná vlna,
- **přírodní materiály** – konopí, celulóza, korek, sláma, ovčí vlna atd.

Podrobný popis jednotlivých izolačních materiálů je součástí jiné práce [1] a proto zde nebudou více popisovány.

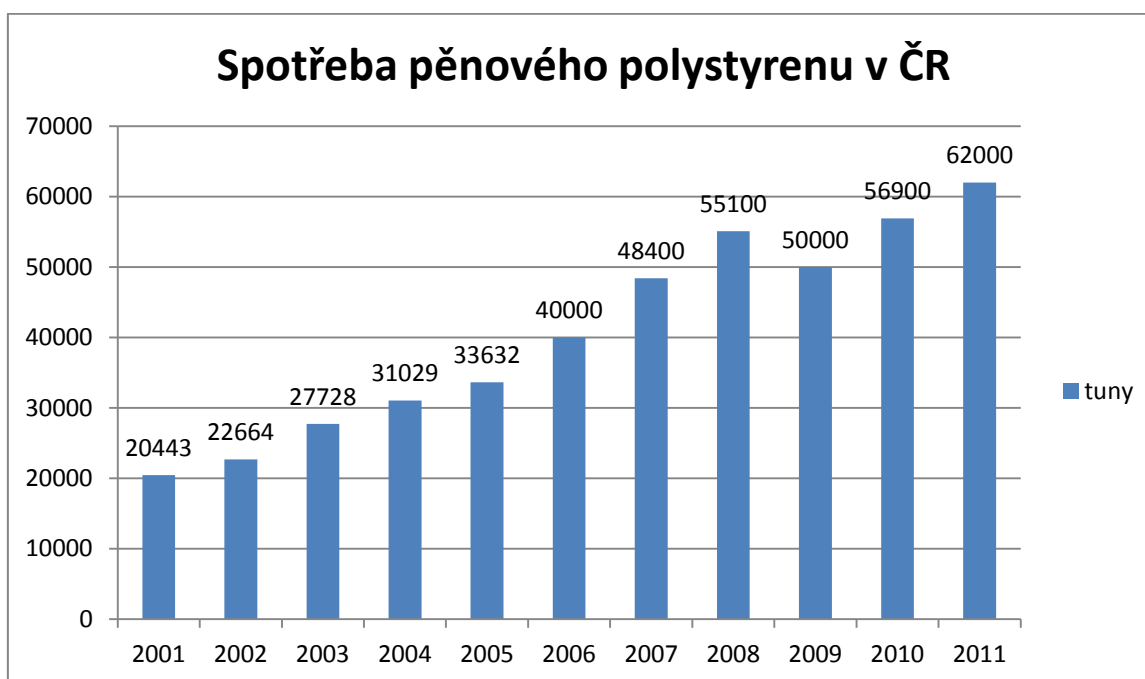
Pro ETICS se používají tyto izolační materiály:

- pěnový polystyren EPS,
- pěnový polystyren EPS s přísadou grafitu,
- extrudovaný polystyren XPS,
- desky z kamenné vlny,

- desky z korku,
- sláma při použití hliněných omítek.

Nejčastěji používaným izolačním materiálem je pěnový polystyren EPS. Jeho spotřeba v posledních letech stále narůstá, což je patrné z grafu (Obr. 3). V roce 2011 se ho v České republice spotřebovalo 62 000 tun [35]. Je to o 9 % více než v roce 2010.

Informace o spotřebě kamenné vlny nejsou dostupné.



Obr. 3 Graf spotřeby polystyrenu v České republice za období 2001 – 2011 [35]

Na našem trhu se nachází velké množství firem, které vyrábí a prodávají tepelně izolační materiály. Pro názornost uvádím tabulku 4, kde je uvedeno vybraných šest druhů tepelné izolace, které se používají k zateplení vnějších stěn budov. U každého druhu je jeden příklad konkrétního výrobku a jeho charakteristické vlastnosti. Z uvedených hodnot jsou patrné základní rozdíly mezi tepelně izolačními materiály. A to především v dlouhodobé nasákavosti a třídě reakce na oheň.

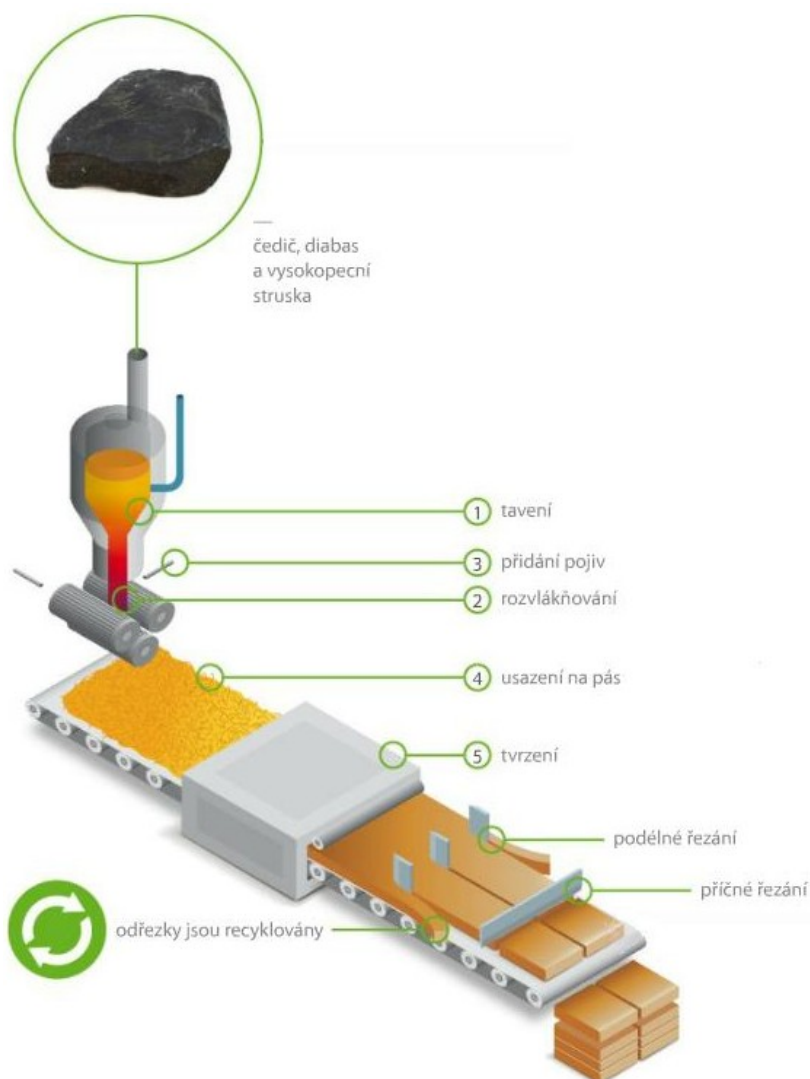
Tabulka 4 Vybrané tepelně izolační materiály používané k zateplení vnějších stěn

Druh tepelné izolace	Obchodní název	Součinitel tepelné vodivosti λ_D [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	Dlouhodobá nasákavost	Tloušťka [mm]	Třída reakce na oheň	Použití
pěnový polystyren EPS	Isover EPS 100F [30]	0,037	5 %	10 - 200	E	kontaktní zateplovací systémy (ETICS)
pěnový polystyren EPS s přísadou grafitu	Isover EPS GreyWall Plus [31]	0,031	5 %	20 - 300	E	kontaktní zateplovací systémy (ETICS), ploché střechy
extrudovaný polystyren XPS	Synthos XPS 70L [32]	0,036 - 0,038	$\leq 0,7 \%$	40 - 100	E	obvodová izolace zdí a podlah, izolace základových pásů
deska z kamenné vlny	Frontrock MAX E [29]	0,036	$\leq 3kg \cdot m^{-2}$	60 - 280	A1	kontaktní zateplovací systém (ETICS)
deska ze skelné vlny	TP 138 [33]	0,032	$\leq 3kg \cdot m^{-2}$	40 - 160	A1	vnější stěny
rohože z konopných vláken	CANABEST PLUS [13]	0,040	neuvedeno	40 - 180	E	vnější a vnitřní stěny, střechy

1.5.1 Minerálně vláknité izolační materiály

Minerálně vláknitý izolační materiál nebo též minerální vlna je izolační materiál, který je vyráběn z vláken roztavených hornin. Podle použitých surovin se minerální vlny dělí na kamenné a skelné. Kamenná vlna se vyrábí z čediče nebo diabasu, vysokopecní strusky a dolomitu nebo vápence. Skelná vlna se vyrábí z recyklovaného skla a písku. Dalšími důležitými složkami obou druhů vln jsou organická pojiva a impregnační oleje. Organická pojiva slouží k pevnému spojení jednotlivých vláken mezi sebou, a jeho podíl je v kamenné vlně 0,3 – 6 % a ve skelné vlně 5 – 17 %. Impregnačními oleji je zajištěna dočasná odolnost izolačního materiálu proti vodě (hydrofobizace v celém objemu nebo povrchová).

Výroba [20] obou druhů minerálních vln je podobná. Surovina se nejprve roztaví ve vysoké peci. Následně se z taveniny vytváří jemná vlákna v rozvlákňovacím stroji. Na tato vlákna se vstříkují pojiva a impregnační oleje. Vlákna se pak usazují na pás sběrné komory a následně vrství a rovnají dle potřeby. Poté je materiál stlačen na požadovanou tloušťku v krepovacím zařízení a postupuje do tvrdící komory, kde dojde k vytvrzení pojiva a tím se zajistí rozměrová stálost minerální vlny. Z vytvrzené vlny se pak vytváří desky nebo role (Obr. 4).



Obr. 4 Schéma výroby kamenné vlny [20]

Charakteristickými vlastnostmi minerální vlny jsou [25], [20] nízká tepelná vodivost, prodyšnost (propustnost pro vodní páru), nehořlavost, tlumení hluku, tvarová a objemová stálost. Minerální vlna je dočasně odolná proti vlhkosti. Je však nevhodná do vlhkého prostředí.

Mezi kamennou a skelnou vlnou je několik důležitých rozdílů, podle kterých se liší možnosti jejich použití, a to [37]:

- objemová hmotnost – skelná vlna je lehčí než kamenná, má objemovou hmotnost 8 – 32 kg/m⁻³ a kamenná vlna 18 – 220 kg/m⁻³,
- obsah organických pojiv – kamenná vlna obsahuje méně pojiv (1,5 – 3 %), než skelná vlna (5 – 14 %),
- *nehořlavost - kamenná i skelná vlna mají třídu reakce na oheň A1,*
- *odolnost vysokým teplotám – kamenná vlna odolává teplotám až do 1000 °C, ale skelná vlna odolává jen do 650 °C, kdy se začíná tavit,*
- orientace vláken – vlákna kamenné izolace mohou být orientována kolmo nebo podélně k povrchu, vlákna skelné izolace mohou být orientován pouze podélně
- pružnost – skelná vlna je pružnější než kamenná a proto má menší přepravní rozměry.

Pro své vlastnosti se minerální izolace používá jak ve stavebnictví, tak i v průmyslu k tepelným izolacím.

Skelná vlna se vyrábí ve formě rolí, desek a frakce pro foukanou izolaci (Obr. 5). Výrobky ze skelné vlny jsou lehké, ale nejsou únosné, proto je jejich použití omezené. Ve stavebnictví se používají k izolaci šikmých střech, vnitřních stěn, stropů, podhledů, vnějších stěn (do dřevěných roštových konstrukcí) apod. Skelná vlna se nepoužívá jako izolační materiál systému ETICS, protože není chemicky odolná vůči používaným sítěrkovým hmotám a maltám (alkalické látky).



Obr. 5 Vlevo – desky ze skelné vlny [33], uprostřed – role ze skelné vlny [34], vpravo – frakce ze skelné vlny [26]

Kamenná vlna se vyrábí ve formě rolí, desek (desky s podélnými vlákny, lamelové desky s kolmými vlákny - lamely) a frakce pro foukanou izolaci (Obr. 6). Desky z kamenné vlny

mají větší tuhost, čímž se zvyšuje možnost jejich použití. Ve stavebnictví se používají k izolaci plochých i šikmých střech, podlah, stropů, příček, fasád apod. Desky z kamenné vlny se používají jako izolační materiál systému ETICS.

Při požáru se kamenná vlna mírně smršťuje, dochází k hoření pojiva a změně barvy. Při teplotách vyšších jak 1000 °C začíná sintrování a na povrchu se vytváří pevná vrstva, která chrání ještě nedegradovanou vrstvu.



Obr. 6 Kamenná vlna – zleva – desky s podélnou orientací vláken [16], deska s kolmou orientací vláken – lamela [17], role [17], frakce [21]

1.6 Program Zelená úsporám

Program Ministerstva životního prostředí Zelená úsporám je zaměřen na podporu instalací zdrojů na vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energie a investic do energetických úspor při rekonstrukcích i v novostavbách [22]. Podporováno je kvalitní zateplení rodinných a bytových domů. Finanční prostředky na tento program získala Česká republika prodejem tzv. emisních kreditů Kjótského protokolu o snižování emisí skleníkových plynů. Program Zelená úsporám a základní postupy poskytování podpory upravuje směrnice Ministerstva životního prostředí č. 9/2009.

Program je členěn do tří základních oblastí podpory [22]:

A. Úspora energie na vytápění

A.1. Celkové zateplení

A.2. Dílčí zateplení

B. Výstavba v pasivním energetickém standardu

C. Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a přípravu teplé vody.

V rámci Programu Zelená úsporám bylo v oblast A v období 1. 4. 2009 – 31. 12. 2011 přijato celkem 43 025 žádostí (Tabulka 5) a vyplaceno bylo 24 617 žádostí (Tabulka 6).

Tabulka 5 Přehled žádostí v Programu Zelená úsporám v oblasti A – zateplení budov* [36]

	Oblast A1 - celkové zateplení	Oblast A2 - dílčí zateplení
Rodinné domy	14 767	22 406
Bytové domy nepanelové	1 516	1 812
Bytové domy panelové	2 524	0
Celkem v oblasti	18 807	24 218
Celkový počet žádostí		43 025

*všechny žádosti bez zrušených a zamítnutých

Tabulka 6 Přehled vyplacených žádostí v Programu Zelená úsporám v oblasti A – zateplení budov* [36]

	Oblast A1 - celkové zateplení	Oblast A2 - dílčí zateplení
Rodinné domy	7 768	14 934
Bytové domy nepanelové	472	700
Bytové domy panelové	743	0
Celkem v oblasti	8 983	15 634
Celkový počet žádostí		24 617

*žádosti, které mají stav dotace vyplacena nebo žádost archivována

V 38 712 projektech [36] ze 43 025 přijatých žádostí byl dle kódu výrobku a technologie při zateplování budov použit alespoň jeden typ tepelné izolace z následující tabulky 7.

Celkový počet aplikací tepelné izolace je 57 550, což je více než počet projektů. K tomuto rozdílu došlo v důsledku toho, že jeden projekt může mít několik typů tepelné izolace. Například při zateplení domu byl použit polystyren i minerální vlna. Nejpoužívanějším typem tepelné izolace v rámci Programu Zelená úsporám je polystyren.

Tabulka 7 Rozdělení počtu aplikací podle typu tepelné izolace [36]

Typ tepelné izolace	BD - nepanelový	BD - panelový	RD	Celkový počet aplikací v projektech	Podíl
neuveden	222	230	3 022	3 474	6,0%
extrudovaný polystyren	341	230	4 496	5 067	8,8%
minerální vlákna	1 807	1 682	16 757	20 246	35,2%
polystyren	2 453	2 318	23 992	28 763	50,0%
Celkem	4 823	4 460	48 267	57 550	100,0%

2 Chování minerálně vláknitých izolačních materiálů při požáru

V systému ETICS se z minerálně vláknitých izolačních materiálů používá pouze kamenná vlna. V následující kapitole je popisováno chování kamenné vlny při požáru na základě různých zkoušek.

Kamenná vlna reaguje na požár především změnou barvy, ke které dochází v důsledku termického rozkladu, sublimace, případně odhoření pojiva, a mírným smrštěním. Kamenná vlna si zachovává celistvost a nepřispívá k šíření požáru.

2.1 Vliv kvality kamenné vlny na chování při požáru

Na vlastnosti kamenné vlny má vliv obsah granálií (neizolujících částic). Množství granálií v kamenné vlně závisí na technologii výroby. Obsah granálií má vliv na chování při požáru. To je patrné ze zkoušky vnější stěny montovaných objektů na požární odolnost [37]. Zkoušená stěna se skládala z rámu z dřevěných hranolů o rozměrech 60 x 100 mm, který byl z obou stran opláštěný sádrovláknitými deskami. Prostor mezi jednotlivými hranoly byl vyplněn izolačními deskami z kamenné vlny o tloušťce 100 mm od dvou různých výrobců (Obr. 7).



Obr. 7 Průběh izolování stěny [37]

Stěna byla následně upevněna ve zkušebním zařízení a zatížena nejprve mechanicky, poté navíc i požárem (zkouška simulovala požár uvnitř budovy). Cílem zkoušky bylo zjistit požární odolnost vnější stěny montovaného objektu. Bylo dosaženo požární odolnosti REI 60. Po ukončení zkoušky byly na stěně na straně požáru zbytky sádrovláknitých desek, ohořelé dřevěné hranoly a desky minerální izolace různého vzhledu (Obr. 8).

Desky z kamenné vlny po zkoušce:

- vzorek č. 1 – desky byly mírně smršťené, celistvé a světlé barvy,
- vzorek č. 2 – desky měly výrazně popraskaný povrch a tmavší barvu, byly také více smršťené, než vzorek č. 1.



Obr. 8 Obvodová stěna po zkoušce [37]

Následným laboratorním rozbořem vzorků kamenné vlny byly mezi nimi zjištěny rozdíly (viz tabulka 8). Největší rozdíl byl v obsahu granálií (neizolujících částic), kdy byl jejich počet vyšší ve druhém vzorku. Obsah granálií má vliv nejen na tepelně izolační vlastnosti vzorku, ale také na jeho chování při přímém vystavení požáru. *Kamenná vlna s vyšším obsahem granálií se účinkem požáru více smršťuje, dochází k sintrování a vzniku trhlin, které umožňují snadnější průnik spalin. Praktickým důsledkem je ztenčení izolační vrstvy a snížení ochrany odvrácené strany před účinky požáru.*

Tabulka 8 Laboratorní rozbor vzorků kamenné vlny [37]

	objemová hmotnost [kg · m ⁻³]	ztráta žíháním [% hm.]	granálie 0,25 mm [% hm.]	součinitel tepelné vodivosti [mW · mK ⁻¹]
vzorek č. 1	51,2	1,82	5,3	33,63
vzorek č. 2	48,2	2,98	11,9	34,55

2.2 Chování kamenné vlny v systému ETICS

Zkouška reakce na oheň pro fasády se provádí podle ČSN ISO 13785-1 [10]. Jedna ze zkoušek podle této normy proběhla v Praze v roce 2008 [23]. Na této zkoušce byl vzorek s minerální vlnou a vzorek s pěnovým polystyrenem.

Zkušební těleso je kout v úhlu 90 °, delší křídlo je široké 1,2 m a kratší křídlo 0,6 m, výška je 2,4 m. Zkušební těleso je umístěno na nosný rám, který tvoří tři stěny, a je 0,4 m nad úrovní podlahy. Pod zkušebním tělesem se nachází propanový hořák o výkonu 100 kW. Na zkušební tělesa se provede systém ETICS se zkoušenými izolačními materiály jako v praxi (Obr. 9).



Obr. 9 Začátek zkoušky – vlevo vzorek s pěnovým polystyrenem [23], vpravo vzorek s kamennou vlnou [23]

Doba zkoušky byla stanovena na 30 minut. Vzorek s pěnovým polystyrenem však musel být po 7 minutách zkoušky uhašen, protože polystyren odkapával a hořel i maximální stanovené výšce 1 m. Hoření polystyrenu bylo doprovázeno značným vývojem černého kouře. Vzorek s kamennou vlnou byl zkoušen po celých 30 minut.

Po ukončení zkoušky byla zkušební tělesa vyjmuta z nosného rámu a položena na zpevněnou plochu (Obr. 10). Na vzorku s pěnovým polystyrenem byla dutina, která vznikla po odkapání a odhoření polystyrenu. *Naopak vzorek s kamennou vlnou nebyl nijak zvlášť poškozen. Pouze ve spodní části vzorku byla účinkem požáru změněna barva kamenné vlny (vlivem odhoření pojiva). Kamennou vlnou se požár dále nešířil.*



Obr. 10 Vzorky po zkoušce – vlevo pěnový polystyren [23], vpravo kamenná vlna [23]

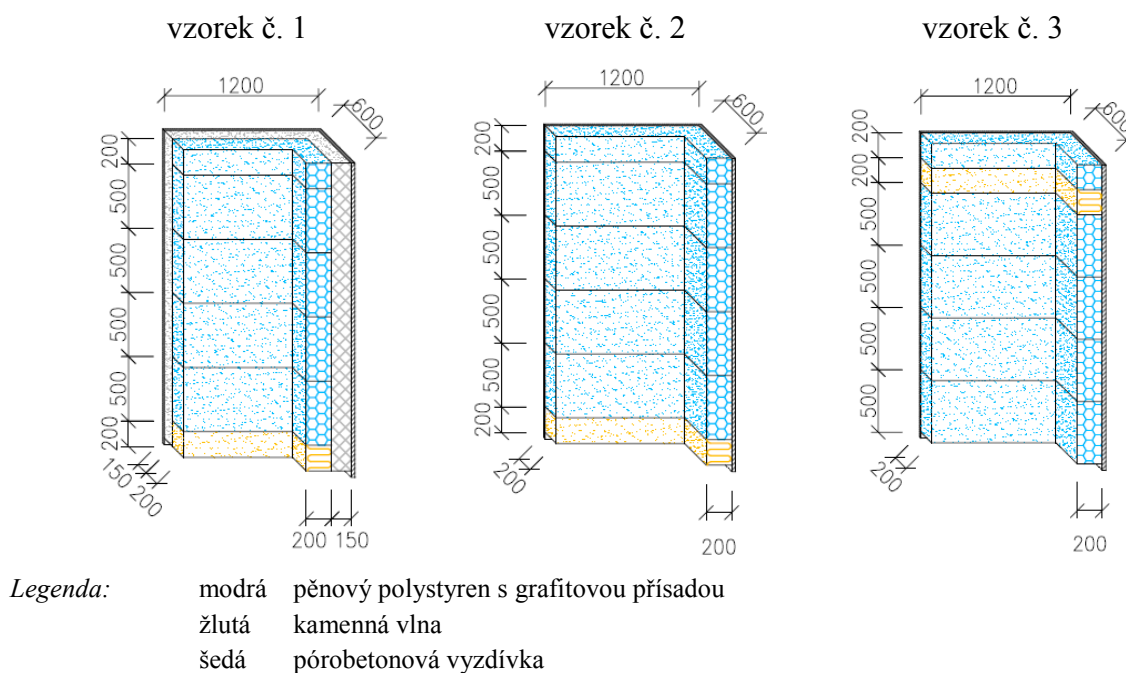
2.3 Chování pásu z kamenné vlny v systému ETICS s pěnovým polystyrenem

Při dodatečném zateplování staveb musí být u budov vyšších jak 12 m provedení okenních a jiných otvorů v souladu s požadavky technických norem (viz kapitola 3.2.). Plocha nad nadpražím okna by měla být provedena z výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2 v pásu výšky 0,5 m a šířky nejméně 1,5 m od hrany ostění. Výška pásu může být i nižší než 0,5 m a to v případě, kdy se zkouškou podle ČSN ISO 13785-1 [10] prokáže, že nedojde k šíření plamene po vnějším povrchu nebo tepelné izolaci přes úroveň 0,5 m od spodní hrany zkušebního vzorku do 15 minut. U zateplování novostaveb je požadavek podobný, jen doba zkoušky je 30 minut.

Příkladem takovéto zkoušky reakce na oheň je zkouška vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému ETICS – detail nadpraží z EPS s požárně dělicím pásem minerální vlny šíře 200 mm [39]. Zkoušeny byly 3 různé vzorky systému ETICS – detail nadpraží podle ČSN ISO 13785-1 [10]. Doba trvání zkoušky byla 30 minut a výkon hořáku 100 kW.

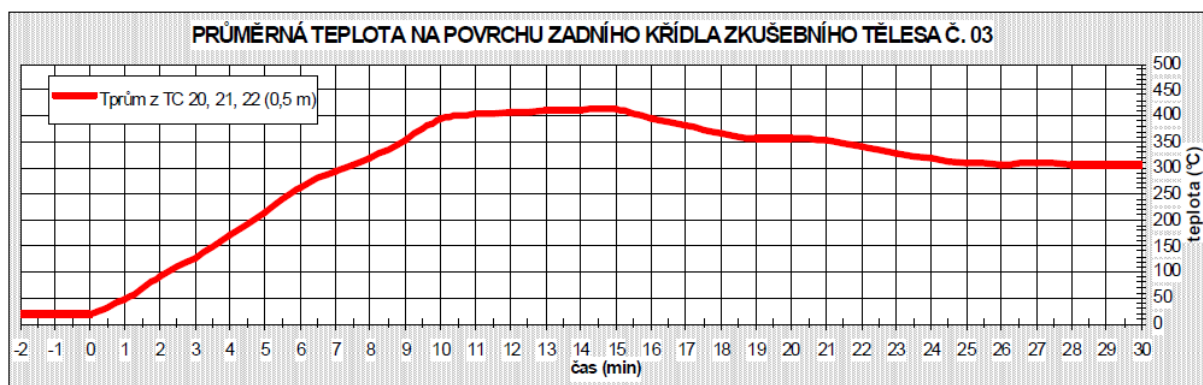
Předmětem zkoušky byl vzorek systému ETICS – detail nadpraží s tepelnou izolací s pěnovým polystyrenem s grafitovou přísadou tloušťky 200 mm s vloženým pásem kamenné

vlny tloušťky 200 mm a výšky 200 mm. U prvního vzorku byl pás kamenné vlny umístěn ve spodní části nadpraží vzorku a zadní křídlo zkušebního tělesa bylo předsazeno vyzdívkou z pórobetonu tloušťky 150 mm (Obr. 11). U druhého vzorku byl pás kamenné vlny umístěn stejně jako u vzorku č. 1, ale zadní křídlo zkušebního tělesa nebylo předsazeno. U třetího vzorku byl pás kamenné vlny umístěn ve vzorku ve výšce 2000 mm, zadní křídlo zkušebního tělesa nebylo předsazeno.



Obr. 11 Axonometrie zkušebních vzorků [39]

Pro splnění požadavku nešíření plamene po vnějším povrchu nebo tepelnou izolací podle ČSN 73 0810 nesmí v průběhu zkoušky průměrná teplota ze tří termoelektrických článků v žádném okamžiku na povrchu zadního křídla zkušebního tělesa ani průměrná teplota v žádné z vrstev uvnitř izolačního materiálu nebo dutiny zadního křídla zkušebního tělesa ve výšce 0,5 m od dolní hrany zkušebního tělesa překročit hodnotu 350 °C. Tato hodnota byla překročena u vzorku č. 3 na povrchu zadního křídla (Obr. 12).



Obr. 12 Graf průměrné teploty na povrchu zadního křídla vzorku č. 3 [39]

Po ukončení zkoušky byla ze vzorků odstraněna vrstva omítkového systému.

Na prvním vzorku je vrstva izolace z pěnového polystyrenu s grafitovou přísadou nepravidelně vytavená až do výšky 2,4 m (Obr. 13). Pás z kamenné vlny je neporušený a vyhrátý do 110 mm jeho výšky. Vrchní vrstva omítky odpadáva z celé spodní plochy nadpraží vzorku.



Obr. 13 Vzorek č. 1 po zkoušce a po odkrytí vrchní vrstvy omítkového systému [39]

Na druhém vzorku je také vrstva izolace z pěnového polystyrenu s grafitovou přísadou nepravidelně vytavená až do výšky 2,4 m (Obr. 14). Pás z kamenné vlny je rovněž neporušený, ale vyhrátý až do 170 mm jeho výšky. Vrchní vrstva omítky je na celé spodní ploše nadpraží vzorku popraskaná a mírně poškozená.



Obr. 14 Vzorek č. 2 po zkoušce a po odkrytí vrchní vrstvy omítkového systému [39]

Na třetím vzorku je vrstva izolace z pěnového polystyrenu s grafitovou přísadou úplně vytavená až po pás z kamenné vlny a nad pásem je pak nepravidelně vytavená v koutu vzorku (Obr. 15). Pás z kamenné vlny je neporušený. Vrchní vrstva omítky se samovolně deformovala až po pás z kamenné vlny.



Obr. 15 Vzorek č. 3 po zkoušce a po samovolné deformaci vrchní vrstvy omítkového systému [39]

Pás z kamenné vlny výšky 200 mm umístěný ve spodní části nadpraží vzorku nezabránil šíření požáru tepelnou izolací z pěnového polystyrenu s grafitovou přísadou. Jeho výška tedy nedostačuje požadavku normy ČSN 73 0810 [8]. Samotná kamenná vlna nehořela a účinkům požáru odolala bez poškození, pouze změnila barvu.

Pás z kamenné vlny výšky 200 mm umístěný ve vzorku ve výšce 2000 mm omezil šíření požáru nad něj, ale i nad pásem byla izolace vytavená. Pás kamenné vlny byl neporušený. Při této zkoušce byly naměřeny nejvyšší teploty na termočláncích ve vzorku ve výšce 0,5 m, protože došlo k odhoření největšího množství pěnového polystyrenu ze všech vzorků. Takto vysoký pás z kamenné vlny by postačoval jako přerušovací pás ve větší výšce fasády. Protože v tomto případě nedošlo k porušení omítky nad pásem z kamenné vlny a následnému plamennému hoření pěnového polystyrenu a teploty uvnitř zateplení nepřekročily kritickou mez 350 °C.

3 Projektování zateplení staveb z hlediska požární bezpečnosti

Pravidla pro projektování zateplení staveb z hlediska požární bezpečnosti upravují v České republice především normy ČSN 73 0802 PBS – Nevýrobní objekty [7] a ČSN 73 0810 PBS – Společná ustanovení [8]. Normy požárního kodexu (řady ČSN 73 08xx) se neustále vyvíjí, aby odpovídaly novým poznatkům vědeckotechnického vývoje. Proto jsou vydávány změny norem, či normy vychází nově (nahrazení stávající normy). Obě výše zmíněné normy vyšly nově v roce 2009.

Při projektování zateplení staveb je třeba z hlediska požární bezpečnosti rozlišovat [8]:

- **zateplení novostaveb** – novostavby a objekty kolaudované po roce 2000,
- **dodatečné zateplení stávajících objektů** – objekty kolaudované do roku 2000.

3.1 Zateplení novostaveb

Podle konstrukčních částí (druh DP1, DP2 a DP3), které jsou použity v požárně dělicích a nosných konstrukcích, rozlišujeme objekty s nehořlavými, smíšenými a hořlavými konstrukčními systémy. Úpravy při provádění vnějších tepelně izolačních systémů obvodových stěn jsou posuzovány jako součást obvodových konstrukcí, tudíž ovlivňují druh konstrukční části. Při určení druhu konstrukční části obvodových stěn se nebere ohled na vnější tepelné izolace, pokud jsou splněny požadavky v prvním řádku tabulky 9.

V tabulce 9 jsou uvedeny požadavky na tepelně izolační systém v závislosti na požární výšce objektu.

Pro objekty s požární výškou $12,0 \text{ m} < h_p \leq 30,0 \text{ m}$ a se smíšeným nebo hořlavým konstrukčním systémem může být do úrovně 12 m postupováno jako u objektů s požární výškou do 12 m (první řádek tabulky 9) a nad touto úrovní 12 m musí být tepelné izolace třídy reakce na oheň A1 nebo A2 (Obr. 16). Toho lze využít, pokud to nevylučují požární normy řady ČSN 73 08xx.



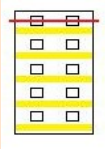
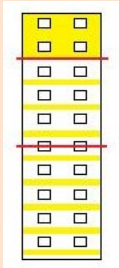
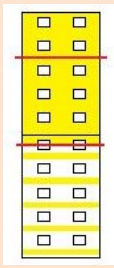
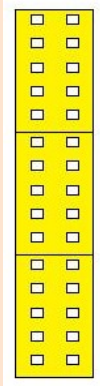
Obr. 16 Konstrukce vnější tepelné izolace novostavby o výšce do 30 m [38]

Tabulka 9 Požadavky na tepelně izolační systém při zateplení novostaveb [38]

Požární výška objektu	Výška umístění tepelné izolace	Požadavky na tepelně izolační systém
$h \leq 12,0 \text{ m}$	-	kontaktní spojení třída reakce na oheň B (izolace alespoň E) povrchová vrstva $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ požární pásy – A1/A2
$12,0 \text{ m} < h \leq 30,0 \text{ m}$	do 12,0 m	kontaktní spojení třída reakce na oheň B (izolace alespoň E) povrchová vrstva $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ požární pásy – A1/A2
	objekt požární výšky do 22,5 m	izolace třídy reakce na oheň alespoň B nesmí být v požárně nebezpečném prostoru povrchová vrstva $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ založení pod terénem
	nad 22,5 m	musí vyhovět ČSN ISO 13785-1 (30 minut šíření plamene do 0,5 m); tepelná izolace A1/A2
$h > 30,0 \text{ m}$	v celé výšce konstrukce	musí vyhovět ČSN ISO 13785-1 (30 minut šíření plamene do 0,5 m); tepelná izolace A1/A2

Minerální vlna je izolační materiál s třídou reakce na oheň A1 a při zateplování novostaveb se používá v závislosti na výšce objektu a konstrukčním systému nejméně v rozsahu uvedeném v tabulce 10.

Tabulka 10 Používání minerální vlny při zateplování novostaveb

	Požární výška objektu	Výška umístění tepelné izolace	Použití minerální vlny
A	$h \leq 12,0 \text{ m}$	-	požární pásy
B1	$12,0 \text{ m} < h \leq 30,0 \text{ m}$	12,0 – 22,5 m	celoplošně v požárně nebezpečném prostoru (nehořlavý konstrukční systém)
B1		22,5 – 30 m	celoplošně (nehořlavý konstrukční systém)
B2		12 – 30 m	celoplošně (smíšený a hořlavý konstrukční systém)
C	$h > 30,0 \text{ m}$	v celé výšce konstrukce	celoplošně
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>B1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>B2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>C</p> </div> </div>			

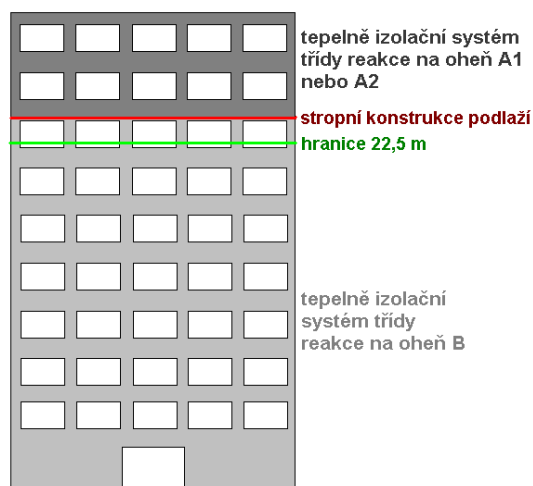
3.2 Dodatečné zateplení stávajících objektů

Konstrukce dodatečných vnějších tepelných izolací (dále jen „konstrukce“) se posuzuje jako ucelený výrobek. Tento výrobek zahrnuje povrchovou vrstvu, tepelnou izolaci, nosné rošty, upevňovací prvky a další specifikované součásti. Konstrukce je považována za vyhovující pokud splňuje požadavky uvedené v tabulce 11. Pokud je konstrukce vyhovující, tak je zachováno původní zatřídění druhu konstrukce obvodové stěny a tím i původní konstrukční systém objektu.

Tabulka 11 Požadavky na tepelně izolační systém při dodatečném zateplení budov [38]

Požární výška objektu	Výška umístění tepelné izolace	Požadavky na tepelně izolační systém
$h \leq 12,0 \text{ m}$	-	bez požadavků, ale doporučuje se postupovat jako nad 12 m do 22,5 m
$h > 12,0 \text{ m}$	do 22,5 m	kontaktní spojení třída reakce na oheň B (izolace alespoň E) povrchová vrstva $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ musí vyhovět ČSN ISO 13785-1 (15 minut šíření plamene do 0,5 m)
		nekontaktní spojení třída reakce na oheň A1/A2 povrchová vrstva $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
	nad 22,5 m	třída reakce na oheň A1/A2 povrchová vrstva $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Dodatečné tepelné izolace při $h_p \leq 22,5 \text{ m}$ mohou být provedeny až do úrovně stropní konstrukce podlaží, které odpovídá této výšce (Obr. 17). Ohled se nebere na výšku stropní konstrukce, atiku, římsu apod.

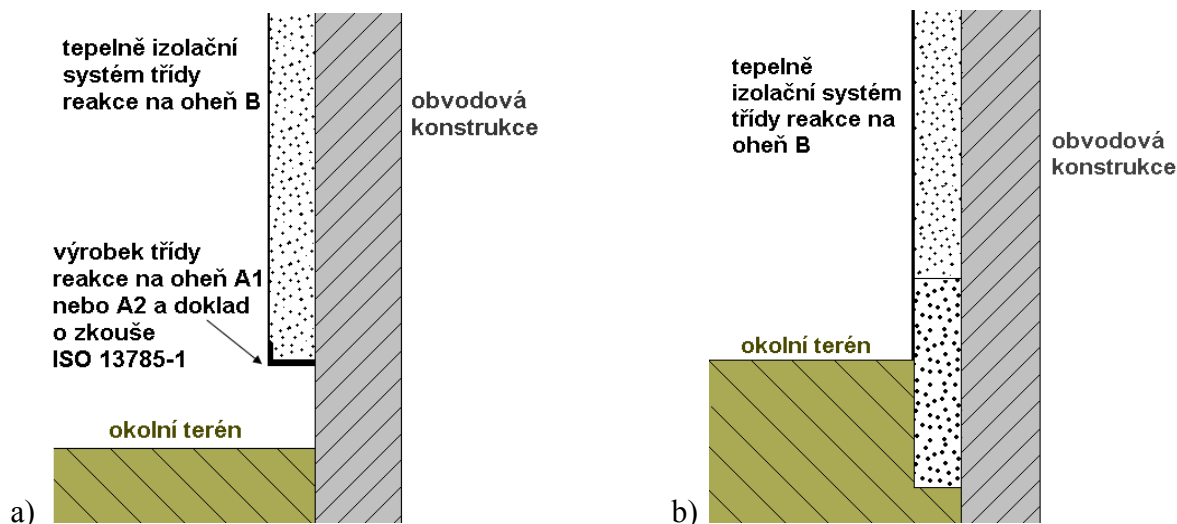


Obr. 17 Konstrukce dodatečné vnější tepelné izolace s výškovou polohou nad 22,5 m [38]

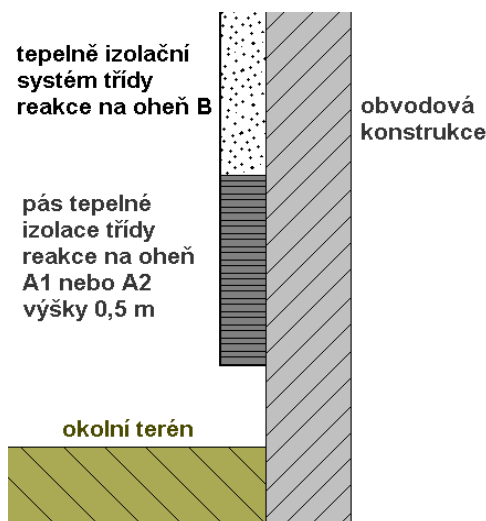
Na konstrukce v úrovni založení zateplovacího systému, okenních a jiných otvorů jsou kladeny takové požadavky, aby při zkoušce podle ČSN ISO 13785-1 [10] nedošlo do 15 minut k šíření plamene po vnějším povrchu nebo po tepelné izolaci přes úroveň 0,5 m od spodní hrany zkušebního vzorku (dále jen „šíření plamene“).

Vyhovující způsoby založení zateplovacího systému:

- pokud se na spodním povrchu založení zateplovacího systému použije výrobek třídy reakce na oheň A1 nebo A2 (např. kovové lišty tloušťky min. 0,8 mm) a při zkoušce podle ČSN ISO 13785-1 se sníženým výkonem na 50 kW nedojde k šíření plamene (Obr. 18a),
- pokud je zateplovací systém založen pod terénem a povrchová vrstva má index šíření plamene $i_s = 0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (Obr. 18b),
- pokud je v místě založení zateplovacího systému použit pás tepelné izolace s třídou reakce na oheň A1 nebo A2 o výšce 0,5 m (Obr. 19).



Obr. 18 Založení zateplovacího systému: a) nad úrovní okolního terénu, b) pod úrovní okolního terénu [38]



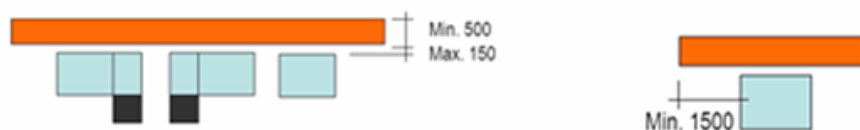
Obr. 19 Založení zateplovacího systému nad úrovní okolního terénu [38]

Vyhovující způsoby provedení okenních a jiných otvorů:

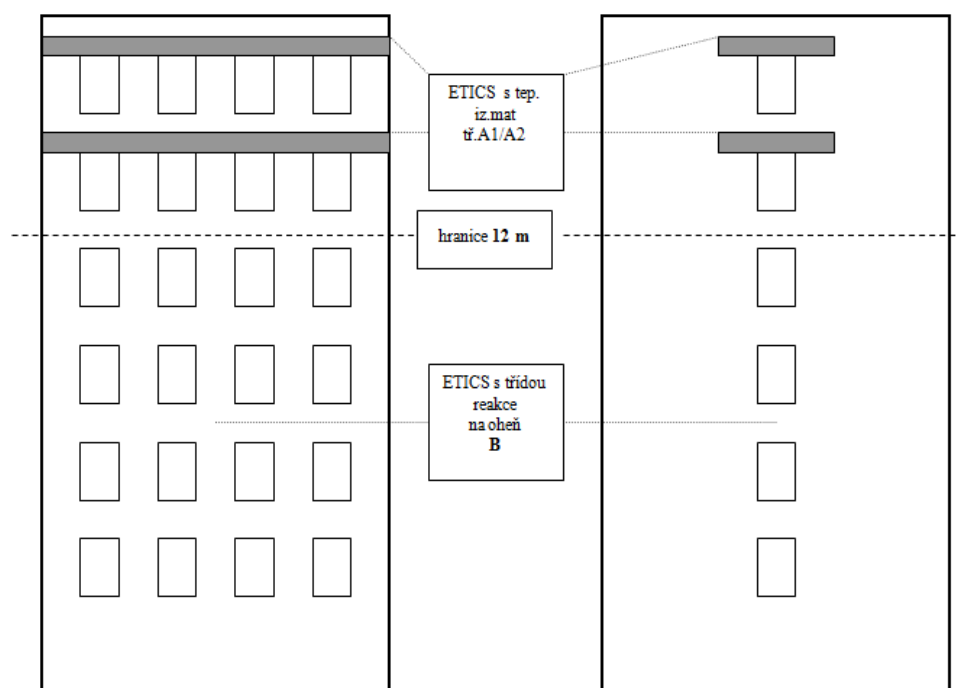
- pokud je ve vzdálenosti max. 0,15 m nad stávající plochou nadpraží pás tepelné izolace s třídou reakce na oheň A1 nebo A2 o výšce 0,5 m – horizontální pás probíhající nad všemi okny nebo pás přesahující hranu ostění jednotlivého okna o 1,5 m (Obr. 20),
- pokud je úprava kolem ostění a nadpraží všech oken taková, že při zkoušce dle ČSN ISO 13785-1 nedojde k šíření plamene.

Tyto požadavky platí pro okna nad úrovní $h_p > 12$ m (Obr. 21), mimo jednotlivá okna chráněných únikových cest.

Výška pásu tepelné izolace nad oknem je omezena nejen požadavky z požárního hlediska, ale i z technologického hlediska. A to především požadavky na správné kotvení desek (viz 4.3.3).



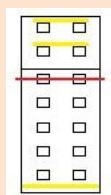
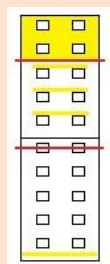
Obr. 20 Poloha horizontálního pásu vůči nadpraží okna [18]



Obr. 21 Rozmístění horizontálních pásů [38]

Minerální vlna je izolační materiál s třídou reakce na oheň A1 a při dodatečném zateplování staveb se používá v závislosti na výšce objektu nejméně v rozsahu uvedeném v tabulce 12.

Tabulka 12 Používání minerální vlny při dodatečném zateplování staveb

	Požární výška objektu	Výška umístění tepelné izolace	Použití minerální vlny
	h > 12,0 m		pás výšky 0,5 m – založení zateplovacího systému
A		do 22,5 m	pás výšky 0,5 m – nad okenními a jinými otvory; celoplošně – při nekontaktním zateplení
B		nad 22,5 m	celoplošně
			
A			B

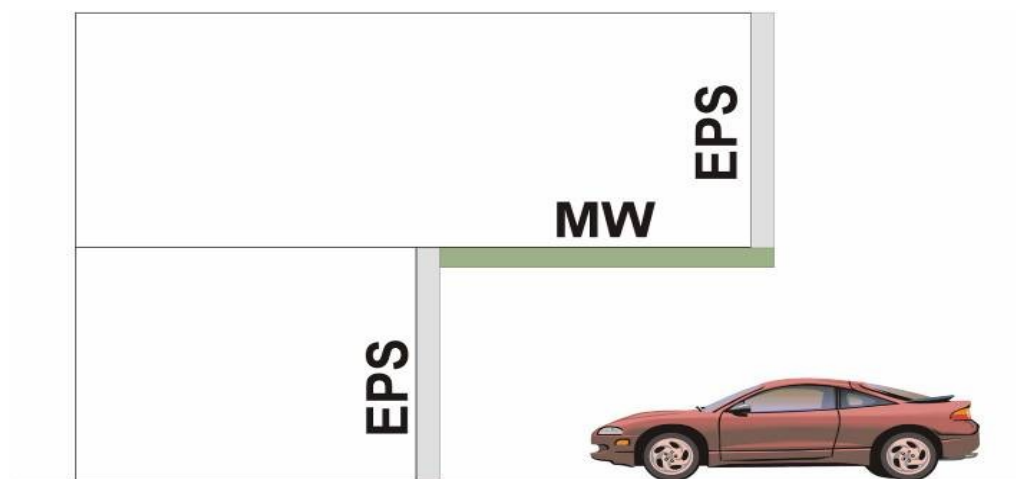
3.3 Přípravované změny v normě ČSN 73 0810 PBS – Společná ustanovení

V současné době probíhá příprava změny normy ČSN 73 0810. Změna [12] se bude týkat i zateplování staveb. Cílem změny jsou především přesnější formulace jednotlivým článkům normy, aby nebyl možný dvojitý výklad.

Objekty s dodatečnými kontaktními zateplovacími systémy, které mají požární výšku přes 12 m, budou muset mít po celé výšce do 22,5 m zateplovací systém v souladu s požadavky normy. To znamená, že i v části objektu do 12 m bude muset být zabráněno šíření požáru u oken.

Změnou normy dojde k upřesnění požadavků na stříšky nad východy z budov. Tato změna se bude týkat objektů, u kterých bude navrhováno dodatečné vnější zateplení při $h \geq 12$ m a které mají jediný východ na volné prostranství. Nad tímto východem bude muset být stříška zabraňující ohrožení evakuovaných osob padajícími hořícími částmi konstrukcí. Stříška bude muset být z výrobků, které mají třídu reakce na oheň A1 nebo A2. Pokud nebude možná realizace stříšky, bude muset být část nad východem z objektu zateplena výrobky s třídou reakce na oheň A1 nebo A2 a to po celé výšce objektu a v šířce dveří zvětšené min. o 1 m na každou stranu.

Jedna ze změn je dokonce reakcí na konkrétní požár [24]. Vnější zateplení horizontálních konstrukcí bude muset být provedeno z výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2 a to u všech objektů bez ohledu na jejich požární výšku (Obr. 22). Toto se bude týkat jak zateplování novostaveb, tak i dodatečně zateplovaných staveb.



Obr. 22 Příklad vnějšího zateplení horizontální konstrukce (EPS – pěnový polystyren, MW – minerální vlna) [38]

4 Montáž zateplovacího systému

Technické požadavky na provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS) s tepelnou izolací z kamenné vlny a s konečnou povrchovou úpravou omítkou bez provětrávané mezery jsou uvedeny v normě ČSN 73 2901 [9]. Montáž vnějšího kontaktního zateplovacího systému provádí odborně kvalifikovaný zhotovitel ETICS podle stavební dokumentace. Stavební dokumentace musí být v souladu s dokumentací ETICS a s projektovou dokumentací. Dokumentaci ETICS dodává výrobce ETICS a může v ní změnit technické požadavky na provádění.

Tato kapitola je vypracována na základě požadavků norem [9], odborných knih [2], [4] a firemních materiálů [37].

4.1 Všeobecné podmínky

Základním předpokladem pro kvalitně provedený zateplovací systém je dodržení stavební a projektové dokumentace. Rovněž je třeba dbát na to, aby nebyly kombinovány součásti různých systému ETICS. Používat lze materiály a výrobky, které jsou řádně označené a byly skladovány a přepravovány v souladu s dokumentací ETICS a nemají mít překročenou dobu použitelnosti.

4.1.1 Klimatické podmínky

Významný vliv na montáž zateplovacího systému mají klimatické podmínky. Nestanovuje-li dokumentace ETICS jinak, platí podmínky uvedené v normě ČSN 73 2901 [9]:

- teplota vzduchu nesmí být nižší než 5 °C a vyšší než 30 °C,
- povrchová teplota podkladu a součástí ETICS nesmí být nižší než 5 °C,
- po dobu technologických operací provádění ETICS a po dobu zrání jeho součástí musí být zajištěna ochrana před deštěm,
- základní vrstva, penetrační nátěr, omítky a případně její nátěr musí být chráněn před přímým slunečním zářením,
- při silném větru se ETICS neprovádí.

4.2 Příprava podkladu pro ETICS

Vhodný podklad pro provedení vnějšího kontaktního zateplovacího systému musí být [9]:

- **soudržný** – doporučená průměrná soudržnost podkladu je min. 200 kPa a nejmenší jednotlivá přípustná hodnota musí být aspoň 80 kPa,
- **nosný** – bez puchýřů, odlupujících se míst a bez aktivních trhlin v ploše,
- **čistý** – bez prachu, mastnot a nečistot, zbytků barev a biotického napadení
- **rovný** – maximální hodnota odchylky rovinnosti je 10 mm/m při spojení ETICS s podkladem pouze pomocí lepicí hmoty a 20 mm/m při spojení ETICS s podkladem pomocí lepicí hmoty a hmoždinek,
- **suchý** – podklad nesmí vykazovat výrazně zvýšenou ustálenou vlhkost a nesmí být trvale zvlhčován.

Před zahájením montáže ETICS se také provede [2]:

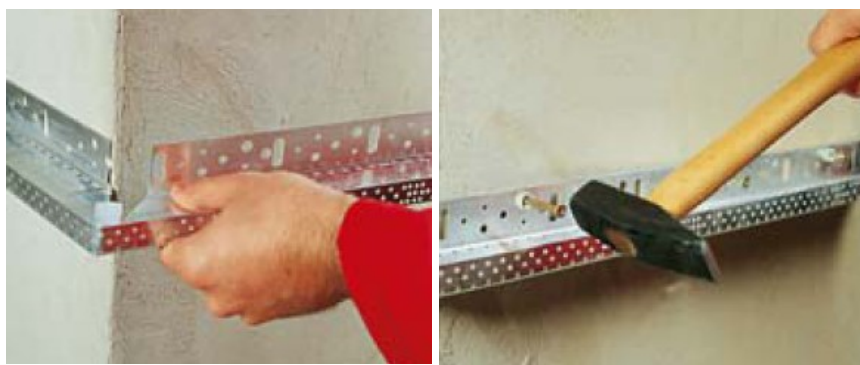
- dokončení všech „mokrých prací“ v interiéru,
- sklonění prvků souvisejících a prostupujících ETICS směrem dolů k vnějšímu povrchu,
- výměna oken a dveří,
- výměna či oprava klempířských prvků,
- demontáž dešťových svodů a bleskosvodů, atd.

4.3 Tepelně izolační vrstva

Tepelně izolační vrstvu tvoří desky tepelné izolace, které jsou připevněny k podkladu.

4.3.1 Zakládací lišty

Před zahájením lepení izolace musí být na podklad připevněny zakládací lišty (příslušné šířky dle síly izolantu) z lehkých nekorodujících kovů ve stanovené výšce nad terénem (Obr. 23). Mezi sousedícími lištami se ponechává mezera 2 až 3 mm. Lišty se spojují plastovými spojkami. Pokud je podklad nerovný zajistí se rovinnost zakládací lišty pomocí distančních umělohmotných podložek. Prostor mezi podkladem a zakládací lištou se musí vyplnit nízkoobjemovou PU pěnou [2], aby se zamezilo vzniku dutin pod izolační vrstvou.



Obr. 23 Montáž základací lišty [37]

4.3.2 Lepení a kladení izolačních desek

Na desku tepelné izolace z kamenné vlny s podélnou orientací vláken se lepicí hmota nanáší na zadní stranu desek a to po celém obvodu ve formě pásu (rámečku) a minimálně 3 terčů (Obr. 24) [9]. Terče se nanáší v místech, kde se deska bude kotvit hmoždinkami (tento typ desek se kotví vždy). Lamelové desky tepelné izolace z kamenné vlny s příčnou orientací vláken se lepí celoplošně (Obr. 24). Lepicí hmota se nanáší zubovou stěrkou na zadní stranu. Při obou způsobech nanášení se lepicí hmota nesmí dostat na boční plochy izolačních desek.

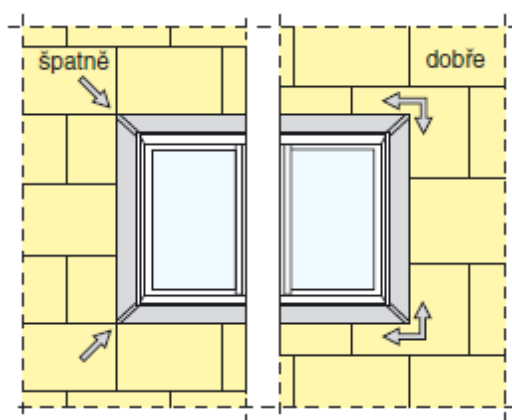


Obr. 24 Nanášení lepicí hmoty na izolační desku z kamenné vlny, vlevo – deska s podélnou orientací vláken, vpravo – deska s příčnou orientací vláken [37]

Desky tepelné izolace se lepí k podkladu od základací lišty směrem nahoru ve vodorovných řadách na vazbu (přesah min. 20 cm [2]), bez křížových spár. Desky se lepí těsně vedle sebe a případná vytlačená lepicí hmota se musí odstranit, aby se nedostala na boční stranu desky. Přesazení desek tepelné izolace na nárožích musí být proveden střídavě po řadách na vazbu. Při kladení desek nesmí dojít k překrytí dilatační spáry. V místě výplní otvorů (oken a dveří)

se musí dbát na to, aby křížení spár desek tepelné izolace bylo minimálně 10 cm od rohu otvoru (Obr. 25). Zároveň nesmí vodorovné a svislé spáry mezi deskami lícovat s ostěním, nadpražím a parapetem. Po zatvrdnutí lepicí hmoty (za 1 až 2 dny) se dokončí úprava rovinnosti povrchu jemným přebroušením v místech spojů desek. Prach vzniklý broušením je třeba z povrchu odstranit. Doporučuje se broušení spojů vyvarovat pečlivým lepením desek, aby nedocházelo ke ztenčování izolační vrstvy.

Zbytky desek se smí používat pouze v případech, kdy mají šířku alespoň 15 cm. Tyto zbytky se nesmí osazovat na nárožích, v koutech, v podhledech a v místech, která navazují na ostění výplní otvorů.



Obr. 25 Vazba izolačních desek v místě okenního otvoru [37]

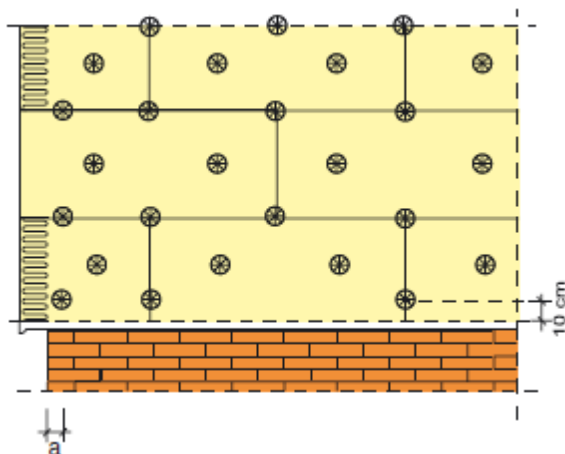
4.3.3 Kotvení hmoždinkami

Tepelně izolační vrstva tvořená deskami z kamenné vlny s podélnou orientací vláken musí být vždy kotvena. Kotvení se provádí obvykle za 1 až 3 dny po nalepení desek. Kotvení se provádí talířovými hmoždinkami s kovovým trnem. Počet, druh a rozmístění hmoždinek je dán stavební dokumentací (Obr. 26). Na rozích objektů a u budov nad 8 a 20 m se navyšuje počet hmoždinek.

Tepelně izolační vrstva z lamelových desek (s kolmou orientací vláken) se nemusí mechanicky kotvit do výšky objektu do 20 m nad terénem, pokud je provedena na únosném podkladu. V ostatních případech se musí kotvit. Ke kotvení se používají hmoždinky s talířky o větším průměru, než u desek s podélnou orientací vláken.

Před vrtáním otvoru v podkladu pro hmoždinku se nejprve propíchne deska kamenné izolace. Vrt se provádí kolmo k podkladu a měl by být o 10 mm delší, než je předepsaná kotevní délka

hmoždinky. K osazování hmoždinek se doporučuje používat gumová palice, aby nedošlo k poškození trnu. Talířem osazené hmoždinky se nesmí narušit rovinnost základní vrstvy. Normou ČSN 73 2901 [9] je doporučeno, aby hmoždinka byla osazena nejméně 10 cm od okrajů stěny, podhledu nebo dilatační spáry, pokud tomu není jinak ve stavební dokumentaci.

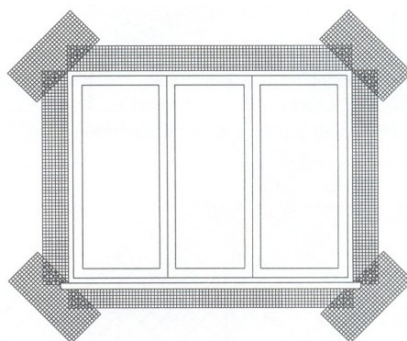


Obr. 26 Příklad rozmístění hmoždinek 8 ks/m^2 ; minimální odstup od hrany betonové stěny $a > 5 \text{ cm}$, minimální odstup od hrany zděné stěny $a > 10 \text{ cm}$ [37]

4.4 Základní vrstva

Základní vrstvu tvoří stěrková hmota s výztuží, kterou je skleněná síťovina. Před zahájením provádění základní vrstvy by měly být řešeny klempířské prvky, okapové svody, kotvy hromosvodů atd. Zvláštní pozornost je nutné věnovat osazení parapetních plechů, neboť při jejich chybné aplikaci dochází k zatékání vody do systému.

Před prováděním základní vrstvy se v časovém předstihu dle dokumentace ETICS připevní stěrkovou hmotou určené ukončovací, nárožní a dilatační lišty a zesilující vyztužení. Zesilující vyztužení se musí provést vždy u rohů výplní otvorů pruhem skleněné síťoviny o rozměrech min. $300 \times 200 \text{ mm}$ pod úhlem 45° (Obr. 27).



Obr. 27 Zesílené vyztužení ze sít'oviny u okenních otvorů [38]

Na tepelně izolační vrstvu se nanese ve směru shora dolů stěrková hmota, do které se ve stejném směru zatlačí pásy skleněné sít'oviny, tak aby byly bez záhybů. Vzájemný přesah pásů musí být min. 10 cm. Stěrková hmota, která prostoupí sít'ovinu, se dle potřeby doplní, aby jí po vyrovnaní a zahlázení byla sít'ovina z obou stran kryta.

Na styku dvou ETICS s jiným druhem izolantu bez přiznané pracovní spáry se musí provést pás zesilujícího vyztužení do vzdálenosti nejméně 15 cm na každou stranu od styku.

Tloušťka základní vrstvy je 2 – 6 mm. Z vnější strany musí být skleněná sít'ovina kryta nejméně 1mm stěrkové hmoty (v místech přesahů sít'oviny nejméně 0,5 mm).

4.5 Konečná povrchová úprava

Konečná povrchová úprava chrání systém před povětrnostními vlivy. Je tvořena omítkou nebo omítkou s nátěrem. Druh, struktura a barevný tón konečné povrchové úpravy je určen stavební dokumentací.

Na vyschlou základní vrstvu se většinou provede penetrační nátěr v barevném tónu omítky. Ten se nechá zaschnout. Poté se začne nanášet omítka shora dolů. Tloušťka vrstvy odpovídá přibližně zrnitosti omítky. Omítky jsou minerální, silikonové, silikátové a akrylátové. Při provádění omítek musí být vhodné klimatické podmínky. Pohledově ucelené plochy se provádí v jednom pracovním záběru. Případný nátěr se provádí na vyschlou omítku.

5 Požadavky na zateplení objektů

Požadavky na zateplení objektů vychází z řady technických norem, dokumentace ETICS, projektové a stavební dokumentace.

5.1 Kontrola provádění ETICS

Kontrola provádění ETICS je důležitá činnost, která má ve výsledku vliv na životnost celého systému. V normě ČSN 73 2901 [9] jsou uvedeny všeobecné pokyny k provádění kontroly. Systém kontroly provádění ETICS je dokumentován a obsahuje především [9]:

- povinnosti a odpovědnosti mezi všemi pracovníky, kteří se účastní provádění; vymezení nezávislosti pracovníků zavádějících preventivní opatření k zabránění výskytu neshod a provádějících identifikaci a vedení záznamů o snížené jakosti,
- postupy a podmínky při přejímce a kontrole podkladu,
- postupy a podmínky přejímky, skladování a manipulace se součástmi ETICS,
- postupy pro provedení nápravných opatření v případě zjištění neshody při provádění ETICS nebo neshody vlastností ETICS a preventivních opatření, jež vedou k omezení neshod,
- postupy pro vedení záznamů poskytujících důkazy o plnění požadavků stanovených v dokumentaci ETICS a projektové nebo stavební dokumentaci.

Součástí systému kontroly provádění ETICS je kontrolní a zkušební plán, který je vždy vypracován pro konkrétní realizaci.

V kontrolním a zkušebním plánu je určen rozsah a četnost kontrolní činnosti.

Před zahájením provádění se kontrolují součásti a příslušenství ETICS:

- zda odpovídají specifikaci výrobce ETICS a stavební dokumentaci,
- zda není překročena doba jejich skladovatelnosti,
- zda je jich potřebné množství a v jakém jsou stavu.

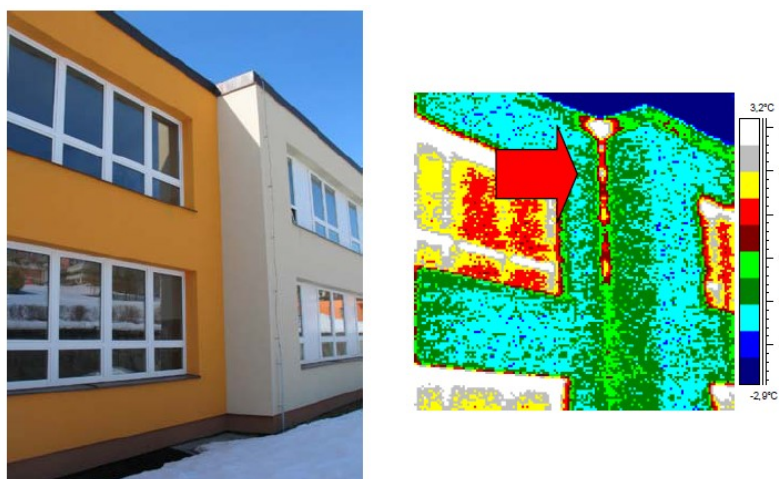
V průběhu technologických operací se také kontroluje, jestli používané součásti a příslušenství ETICS jsou ve shodě se specifikacemi výrobce ETICS a se stavební dokumentací. Dodržování jednotlivých technologických operací a požadavků na klimatické podmínky se kontroluje před, v průběhu a po ukončení rozhodujících technologických operací.

Jednotlivé technologické operace jsou následující:

- příprava podkladu pro ETICS,
- lepení desek tepelné izolace,
- kotvení hmoždinkami,
- provádění základní vrstvy,
- provádění konečné povrchové úpravy.

Doporučený předmět kontroly u jednotlivých technologických operací je uveden v normě ČSN 73 2901 [9].

Při provádění ETICS je rovněž vhodné přizvat nezávislého odborníka (na úrovni soudního znalce, který je vyškolen výrobcem daného systému ETICS a má praxi), tzv. technický dozor stavebníka, který bude sledovat dodržování projektové dokumentace a postup technologických operací a pořizovat fotodokumentaci. Nejúčinnější kontrola je v průběhu provádění ETICS. Následná kontrola po dokončení ETICS je obtížná. Bezkontaktně je možná vizuální kontrola konečné povrchové úpravy a stavební termografie, kterou lze odhalit nedodržení požadavku na celistvost vrstvy tepelné izolačního materiálu (Obr. 28). Nedostatky v provedení ETICS se dají odhalit destruktivní zkouškou - sondou do ETICS o velikosti větší než je rozměr použitých izolačních desek (obvykle 1 x 1 m [2]). Sondou lze zjistit především chyby při lepení a kotvení desek (Obr. 29), ale i chyby v provedení základní vrstvy.



Obr. 28 Termografický snímek – nedostatečné provedení zateplovacího systému v místě dilatace [27]



Obr. 29 Sonda do ETICS – chybné lepení izolantu a použití nevhodných hmoždinek ke kotvení [19]

5.2 Chyby mající vliv na šíření požáru

Vliv chyb v provedení ETICS na šíření požáru závisí na druhu použitého izolačního materiálu. Čím je třída reakce na oheň tohoto materiálu nižší (blíže k třídě F), tím je vliv chyby na šíření požáru vyšší. Nejpoužívanější tepelně izolační systém s pěnovým polystyrenem EPS má třídu reakce na oheň B, ale samotný pěnový polystyren má třídu reakce na oheň E. Pokud se tedy požár vlivem chyby v provedení ETICS dostane k izolačnímu materiálu, bude šíření požáru rychlé. Naopak tepelně izolační systém s kamennou vlnou má třídu reakce na oheň A1, stejně jako samotný izolační materiál. V tomto případě nebude šíření požáru tolik ovlivněno chybami v provedení ETICS. Z těchto důvodů budou u následujících chyb obrázky s pěnovým polystyrenem.

Chyby v provedení ETICS nemají vliv pouze na šíření požáru, ale především na tepelně izolační vlastnosti celého systému.

Mezera mezi podkladem a izolační vrstvou vznikne, pokud je:

- lepidlo nanášeno pouze v bodech (terčích) – chybí rámeček (Obr. 30),
- lepidlo nanášeno v bodech a po obvodu desky, ale s mezerami – rámeček není celistvý.

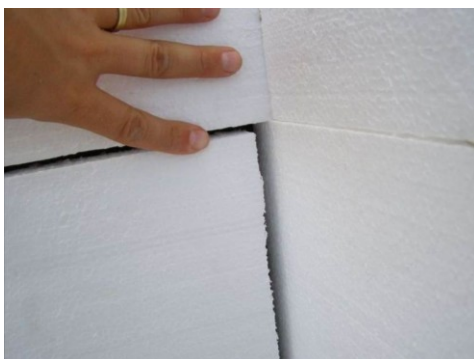
Chybným lepením izolačních desek může dojít ke vzniku mezery mezi podkladem a izolační vrstvou. V této mezeře (může být i po celé výšce zateplení) může docházet k proudění vzduchu, pokud je větší jak 2 cm. Tímto prouděním se snižují tepelně izolační vlastnosti systému. Hrozí havárie celého systému ETICS. V případě požáru by došlo k jeho rychlému rozšíření touto mezerou.



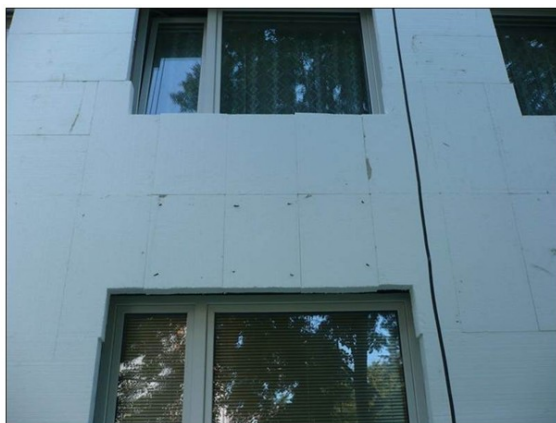
Obr. 30 Chybné lepení desek – vlevo sonda, vpravo pohled na ostění okna [11]

Mezery mezi deskami

Jednotlivé desky musí být lepeny na sraz a na vazbu. Svislé spáry nesmí být průběžné (Obr. 32). Mezery mohou vzniknout nepřesným lepením desek nebo nepřesným zařezáváním, je-li potřeba užší desky (Obr. 31). Případný požár se i malými mezerami mezi deskami šíří rychleji, než když jsou desky těsně u sebe.



Obr. 31 Chybné lepení desek s mezerami mezi deskami [11]



Obr. 32 Kladení desek s průběžnými svislými spárami – nepřípustné [11]

Chybné založení systému ETICS

Chyba při zakládání systému ETICS vznikne při nedůsledném vyrovnaní podkladu nebo při vynechání zakládací lišty (Obr. 33). Zakládací lišta musí být těsně spojena s podkladem, aby nevznikla mezera mezi zakládací lištou a podkladem, kterou by se případný požár dostal přímo k izolačnímu materiálu.



Obr. 33 Vlevo – zakládací lišta není těsně připevněna k podkladu [27], vpravo – vynechání zakládací lišty [27]

Nevyrovnaný podklad

Požadavky na rovinnost podkladu jsou dány v normě ČSN 73 2901 [9]. Případné větší odchylky rovinnosti musí být odstraněny vyrovnaním podkladu vhodnou jádrovou omítkou nebo vyrovnávací stěrkou. Je nepřipustné, aby mezery byly vyplněny přířezem z izolačního materiálu (Obr. 34).



Obr. 34 Podkládání desek – nepřipustné [11]

Tenká vrstva omítky

Pokud je na základní vrstvu nanесena vrstva omítky v tloušťce menší než je uvedena v dokumentaci ETICS, dochází ke snížení odolnosti systému ETICS vůči požáru.

Mechanické poškození

Jakékoliv mechanické poškození systému ETICS (úmyslné či neúmyslné) musí být bezprostředně opraveno (Obr. 35). Mechanickým poškozením se naruší tepelně izolační vlastnosti systému. V místě poškození dochází ke snížení odolnosti vůči požáru.



Obr. 35 Mechanické poškození systému ETICS [15]

Závěr

Problematika zateplování staveb je v dnešní době stále aktuálním tématem, neboť existuje dlouhodobý společenský požadavek snižovat energetickou náročnost budov. Kvalitní zateplení přináší kromě významného snížení spotřeby energií na vytápění či poklesu teploty v domě během horkých letních dnů, také zlepšení vzhledu zatepleného objektu.

Nejpoužívanější způsob zateplování je vnější tepelně izolační kompozitní systém – systém ETICS, kterým se práce podrobněji zabývá. Nejpoužívanějším izolačním materiálem je pěnový polystyren, jehož spotřeba v České republice narůstá. Jeho používání v systému zateplování budov je však omezováno požadavky norem požární bezpečnosti staveb, z důvodu jeho chování při požáru. V těchto případech se požadují materiály s třídou reakce na oheň A1 nebo A2. Těmito materiály jsou minerálně vláknité izolace. V systému ETICS se z minerálně vláknitých izolačních materiálů používá jen kamenná vlna.

Chování kamenné vlny při požáru je v této práci posuzováno na základě různých zkoušek. Při jedné zkoušce se projevil vliv obsahu granálií (neizolujících částic) v kamenné vlně. Méně kvalitní kamenná vlna se zvýšeným obsahem granálií, měla sníženou odolnost vůči účinkům požáru. Jinou zkouškou (zkouškou reakce na oheň pro fasády) se potvrdilo, že se systémem ETICS s kamennou vlnou požár nešíří a nijak zvlášť jej požár nepoškodí. Zkouškou reakce na oheň fasády se také zkouší systém ETICS z pěnového polystyrenu – detail nadpraží (nebo založení) s požárním pásem z kamenné vlny. Požadavkem normy ČSN 73 0810 [8] je, aby výška tohoto pásu byla 0,5 m. Norma také umožňuje, aby byl pás z kamenné vlny snížen, ale pouze v případě, že úprava nadpraží splní požadavky při zkoušce podle normy ČSN ISO 13785-1 [10].

K šíření požáru po fasádě mohou významně přispět i nedostatky a chyby při provádění systému ETICS, především u zateplovacího systému s pěnovým polystyrenem. Nejčastější chybou při lepení tepelně izolačních desek na podklad je lepení pouze pomocí terčů bez rámečku po obvodu desky (tzv. „lepení na buchty“). Při tomto způsobu lepení vzniká mezi podkladem a izolační vrstvou mezera, která nejenže snižuje tepelně izolační vlastnosti systému, ale umožňuje urychlení případného požáru.

V současné době se začínají výrobci tepelně izolačních systémů stále více zajímat o řešení detailů v systému ETICS. A to například detailem nadpraží okna, založením systému, materiálem na výrobu základacích lišt apod. Požadavky na zateplovací systémy se neustále upřesňují. S ohledem na počet ještě nezateplených domů, se dá očekávat, že se oblast zateplování staveb bude i nadále vyvíjet. Zároveň začíná přibývat objektů s nekvalitně provedeným zateplením, které bude potřeba sanovat.

Seznam použité literatury

Tištěné monografie:

- [1] DUSÍK, Jaroslav. *Metody zateplování budov kontaktními systémy za využití PUR a PIR panelů*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – TUO, FBI, 2011. 65 s.
- [2] LINHART, Ladislav. *Zateplování budov*. 1. vyd., Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.
- [3] SVOBODA, P.; MACHATKA, M. *Snížení spotřeby tepla na vytápění zateplením stěn bytových a rodinných domů : Potenciál úspor při zateplení stěn, energetická náročnost budov, vnější tepelně izolační systém (ETICS) a jeho výběr, provádění ETICS, vady a poruchy ETICS způsobené nesprávným výběrem a provedením*. I. díl. Praha : Cech pro zateplování budov ČR, a.s., 2011. 72 s.
- [4] ŠÁLA, J.; MACHATKA, M. *Zateplování v praxi*. 1. vyd., Praha : Grada Publishing a.s., 2002. 108 s. ISBN 80-247-0224-X.

Normy a jiné předpisy:

- [5] Česko. Vyhláška č. 23 ze dne 29. ledna 2008 o technických podmínkách požární ochrany staveb. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2008. Dostupný také z WWW: < <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=66453>>.
- [6] Česko. Vyhláška č. 148 ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2007, částka 53, s. 1885-1879. Dostupný také z WWW: < <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=64901>>.
- [7] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, květen 2009. 122 s.
- [8] ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, duben 2009. 44 s.
- [9] ČSN 73 2901. *Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS)*. Praha : Český normalizační institut, duben 2005. 20 s.
- [10] ČSN ISO 13785-1. *Zkoušky reakce na oheň pro fasády – Část 1: Zkouška středního rozměru*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, únor 2010. 16 s.

Internetové zdroje:

- [11] BOHUSLÁVEK, Petr. Provádění zateplovacích systémů a chyby v praktických příkladech. *TZB-info : stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 15. 8. 2011 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/7733-provadeni-zateplovacich-systemu-a-chyby-v-praktickych-prikladech>>.
- [12] BOHUSLÁVEK, Petr. Zajímavosti ze sedmého ročníku konference Regenerace bytového fondu. *TZB-info : stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 17. 11. 2001 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8042-zajimavosti-ze-sedmeho-rocniku-konference-regenerace-bytoveho-fondu>>.
- [13] CANABEST PLUS [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.canabest.cz/cs/produkty/canabest-plus.html>>.
- [14] DAŇKOVÁ, D; HEJHÁLEK, J. Tepelné izolace – přehled, materiály, druhy, způsoby použití. *Stavebnictví3000* [online]. 24. 2. 2009, 21. 2. 2011 [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>>.
- [15] FENDRYCH, Tomáš. Regenerace panelových objektů 7 – Inovace a trendy v ETICS. *iMateriály* [online]. 22. 7. 2008 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.imaterialy.cz/Clanky-Tema-mesice/Regenerace-panelovych-objektu-7-Inovace-atrendy-v-ETICS.html>>.
- [16] FKD S [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.knaufinsulation.cz/cs/products/fkds>>.
- [17] Fotografie ke stažení [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.rockwool.cz/prodejci/podpora+prodeje/fotografie+ke+stazeni>>.
- [18] KEJKLÍČEK, Petr. Dodatečné zateplování objektů z hlediska požadavků požární bezpečnosti. *TZB-info : stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 9. 11. 2011 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/pozarni-ochrana/6032-dodatecne-zateplovani-objektu-z-hlediska-pozadavku-pozarni-bezpecnosti>>.

- [19] LINHART, Ladislav. Sanace ETICS. *TZB-info : stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 29. 11. 2011 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8079-sanace-etics>>.
- [20] Minerální izolace pod lupou. *AVMI* [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.mineralniizolace.cz/nase-publikace.html>>.
- [21] Nobadrap [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.knaufinsulation.cz/cs/products/nobadrap>>.
- [22] Popis programu. *Zelená úsporám* [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu/>>.
- [23] PORKÁT, Václav. Simulace testu hořlavosti izolačních materiálů budov. *POŽÁRY.cz* [online]. 22. 7. 2008 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.pozary.cz/clanek/13512-simulace-testu-horlavosti-izolacnich-materialu-budov/>>.
- [24] Požár poškodil 9 aut i obytný dům, hasiči evakovali. *Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje* [online]. 6. 11. 2010 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://hzzslk.eu/clanek/1277/pozar-poskodil-9-aut-i-obytny-dum-hasici-evakovali/>>.
- [25] *Stavební izolace ROCKWOOL* [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.rockwool.cz/produkty/stavebni+izolace>>.
- [26] *Supafil loft 045* [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.knaufinsulation.cz/cs/products/supafil-loft045>>.
- [27] SVOBODA, Pavel. Nejčastější nedostatky při provádění vnějších tepelně izolačních kontaktních systémů (ETICS) a jejich následné poruchy [online]. 01/2007 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z WWW: <http://www.eis.cz/dokumenty/2_11_0_12007-01-30_17-42-29.pdf>.
- [28] ŠÁLA, Jiří. O vnitřním zateplení. *TZB-info : stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 4. 5. 2001 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/540-o-vnitrnim-zateplenim>>.
- [29] *Technický list Frontrock MAX E* [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://pruvodce.rockwool.cz/produkty/stavebni-izolace/frontrock-max-e.aspx>>.
- [30] *Technický list Isover EPS 100F* [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.isover.cz/isover-eps-100f>>.

- [31] *Technický list Isover GreyWall Plus* [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.isover.cz/isover-eps-greywall-plus>>.
- [32] *Technický list Synthos XPS 70NIL* [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.isover.cz/synthos-xps-70l>>.
- [33] *Technický list TP 138* [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.knaufinsulation.cz/cs/products/tp138>>.
- [34] *TI 140 U (Unifit 039)* [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.knaufinsulation.cz/cs/products/ti140u>>.
- [35] Výstavba stagnuje, lidé raději zateplují. *Sdružení EPS ČR*. [online]. 28. března 2012 [cit. 2012-03-30]. Dostupný z WWW: <http://www.epscr.cz/obj/631/28032012_TZ_EPS_CR_Vystavba_stagnuje_lide_radeji_zatepluji.pdf>.

Ostatní:

- [36] Email ze dne 16. 3. 2012 od paní Ing. Jany Tlusté, program Zelená úsporám
- [37] Podklady získané od pana Ing. Pavla Matouška, firma ROCKWOOL
- [38] Podklady získané od pana kpt. Bc. Radka Kislingera, Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR
- [39] Podklady získané od paní Ing. arch. Marcely Jonášové, Asociace výrobců minerální izolace

Seznam obrázků

Obr. 1 Grafické znázornění Průkazu energetické náročnosti budovy [6]	6
Obr. 2 Demonstrace důsledků vnitřního a vnějšího zateplení [28]	8
Obr. 3 Graf spotřeby polystyrenu v České republice za období 2001 – 2011 [35].....	10
Obr. 4 Schéma výroby kamenné vlny [20]	12
Obr. 5 Vlevo – desky ze skelné vlny [33], uprostřed – role ze skelné vlny [34], vpravo – frakce ze skelné vlny [26].....	13
Obr. 6 Kamenná vlna – zleva – desky s podélnou orientací vláken [16], deska s kolmou orientací vláken – lamela [17], role [34], frakce [21].....	14
Obr. 7 Průběh izolování stěny [37]	17
Obr. 8 Obvodová stěna po zkoušce [37]	18
Obr. 9 Začátek zkoušky – vlevo vzorek s pěnovým polystyrenem [23], vpravo vzorek s kamennou vlnou [23]	19
Obr. 10 Vzorky po zkoušce – vlevo pěnový polystyren [23], vpravo kamenná vlna [23]	20
Obr. 11 Axonometrie zkušebních vzorků [39].....	21
Obr. 12 Graf průměrné teploty na povrchu zadního křídla vzorku č. 3 [39]	22
Obr. 13 Vzorek č. 1 po zkoušce a po odkrytí vrchní vrstvy omítkového systému [39].....	22
Obr. 14 Vzorek č. 2 po zkoušce a po odkrytí vrchní vrstvy omítkového systému [39].....	23
Obr. 15 Vzorek č. 3 po zkoušce a po samovolné deformaci vrchní vrstvy omítkového systému [39]	23
Obr. 16 Konstrukce vnější tepelné izolace novostavby o výšce do 30 m [38]	26
Obr. 17 Konstrukce dodatečné vnější tepelné izolace s výškovou polohou nad 22,5 m [38].	29
Obr. 18 Založení zateplovacího systému: a) nad úrovní okolního terénu, b) pod úrovní okolního terénu [38]	30
Obr. 19 Založení zateplovacího systému nad úrovní okolního terénu [38]	30
Obr. 20 Poloha horizontálního pásu vůči nadpraží okna [18].....	31
Obr. 21 Rozmístění horizontálních pásů [38]	31
Obr. 22 Příklad vnějšího zateplení horizontální konstrukce (EPS – pěnový polystyren, MW – minerální vlna) [38].....	33
Obr. 23 Montáž zakládací lišty [37].....	36
Obr. 24 Nanášení lepicí hmoty na izolační desku z kamenné vlny, vlevo – deska s podélnou orientací vláken, vpravo – deska s příčnou orientací vláken [37]	36

Obr. 25 Vazba izolačních desek v místě okenního otvoru [37]	37
Obr. 26 Příklad rozmístění hmoždinek 8 ks/m ² ; minimální odstup od hrany betonové stěny a > 5 cm, minimální odstup od hrany zděné stěny a > 10 cm [37].....	38
Obr. 27 Zesílené vyztužení ze síťoviny u okenních otvorů [38].....	39
Obr. 28 Termografický snímek – nedostatečné provedení zateplovacího systému v místě dilatace [27]	41
Obr. 29 Sonda do ETICS – chybné lepení izolantu a použití nevhodných hmoždinek ke kotvení [19]	42
Obr. 30 Chybné lepení desek – vlevo sonda, vpravo pohled na ostění okna [11]	43
Obr. 31 Chybné lepení desek s mezerami mezi deskami [11]	43
Obr. 32 Kladení desek s průběžnými svislými spárami – nepřípustné [11].....	43
Obr. 33 Vlevo – základací lišta není těsně připevněna k podkladu [27], vpravo – vynechání základací lišty [27]	44
Obr. 34 Podkládání desek – nepřípustné [11]	44
Obr. 35 Mechanické poškození systému ETICS [15]	45

Seznam tabulek

Tabulka 1	Hodnoty spotřeby energie platné od roku 1992 [3]	4
Tabulka 2	Tabulka slovního vyjádření tříd energetické náročnosti budovy [6]	5
Tabulka 3	Podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi [3].....	7
Tabulka 4	Vybrané tepelně izolační materiály používané k zateplení vnějších stěn	11
Tabulka 5	Přehled žádostí v Programu Zelená úsporám v oblasti A – zateplení budov* [36] 15	
Tabulka 6	Přehled vyplacených žádostí v Programu Zelená úsporám v oblasti A – zateplení budov* [36]	15
Tabulka 7	Rozdělení počtu aplikací podle typu tepelné izolace [36]	16
Tabulka 8	Laboratorní rozbor vzorků kamenné vlny [37]	19
Tabulka 9	Požadavky na tepelně izolační systém při zateplení novostaveb [38]	26
Tabulka 10	Používání minerální vlny při zateplování novostaveb	27
Tabulka 11	Požadavky na tepelně izolační systém při dodatečném zateplení budov [38]	28
Tabulka 12	Používání minerální vlny při dodatečném zateplování staveb	32